

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

**Modifikace regionální jednotky pro provoz ve
střediscích zimních sportů**

Modification of regional units for operations in
winter sports resort

Student:

Bc. David Zaoral

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Široký Jaromír, Ph.D.

Ostrava 2012

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Zaoral**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 10 Kolejová doprava
Téma: **Modifikace regionální jednotky pro provoz ve střediscích zimních sportů**
Modification of Regional Units for Operations in Winter Sports Resorts

Zásady pro vypracování:

Osnova:

1. Analýza základních parametrů a vlastností elektrických a motorových jednotek pro regionální tratě a stanovení výchozího typu.
2. Definice požadavků na parametry jednotek pro obsluhu středisek zimních sportů.
3. Návrh modifikace uspořádání pro výchozí typ jednotky.
4. Výpočet tepelně technických vlastností skříně pro danou klimatickou oblast.
5. Provozně technické hodnocení návrhu.

Seznam doporučené odborné literatury:

Podklady výrobců kolejových vozidel

Dostál, Heller. Kolejová vozidla II. Plzeň: ZČU Plzeň. 2008.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jaromír Šíroký, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

David Zaoral

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Březová 115

Březová 747 44

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ZAORAL, D. Modifikace regionální jednotky pro provoz ve střediscích zimních sportů : *diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2012, 70 s. Vedoucí práce: Šíroký, J.

Diplomová práce se zabývá problematikou osobní železniční přepravy ve střediscích zimních sportů. V úvodu je provedena analýza současného stavu provozovaných jednotek, jejich vlastností a na jejímž základě je stanoven výchozí typ jednotky. Na základě požadavků na jednotky jezdící v zimních střediscích, definovaných v této práci, je provedeno několik variant modifikace interiéru jednotky. Dále je proveden návrh izolace skříně vozů a tepelně technický výpočet vlastností skříně vozů a výpočet chladicího a topného výkonu. V závěru této práce je provedeno zhodnocení navrhovaných změn.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ZAORAL, D. Modification of regional units for operations in winter sports resort: *Diploma Thesis*. Ostrava : VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2012, 70 p. Thesis head: Šíroký, J.

Diploma Thesis concerns with issues in passenger railway transport in winter sports resort. Analysis of the current state of operated units, their characteristics is in the introduction. The default type of unit is determined on the basis of current operated units. Several options of modification of units interior is made on the basis of requirements for units circulating in winter sports resort, which are defined in this work. Hereinafter is made a draft of isolation of wagon body, heat-technical calculation of wagons body characteristics and calculation of cooling and heating capacity. Evaluation of suggested changes is performed in the conclusion of this work.

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Jaromíru Širokému, Ph.D., který mi s maximální ochotou radil s vypracováním mé práce. Dále bych chtěl velice poděkovat panu Ing. Pavlu Slanému, který mi poskytl informace k výpočtu a se kterým jsem konzultoval výsledky mé diplomové práce.

Obsah

Úvod.....	9
Cíle diplomové práce	9
1 Analýza základních parametrů a vlastností jednotek pro regionální tratě:	10
1.1 Jednotka	11
1.2 Možnosti sestavení jednotky:.....	11
1.3 Charakteristické vlastnosti a požadavky regionálních jednotek:	12
2 Požadavky na parametry jednotek jezdících v zimních střediscích.....	15
3 Analýza současného stavu železničních vozidel ve střediscích zimních sportů.....	19
3.1 Česká republika.....	19
3.2 Slovensko	22
3.3 Alpy	25
4 Stanovení výchozího typu.....	27
5.1 Technický popis jednotky:.....	29
5 Návrh modifikace jednotky	31
5.1 Držák lyží.....	31
6.1.1 Požadavky na držáky lyží	31
5.1.2 Rozměrová studie lyží a snowboardů	33
5.2 Uspořádání interiéru	35
5.2.1 Varianta 1	35
5.2.2 Varianta 2.....	38
5.2.3 Varianta 3.....	40
5.2.4 Varianta 4.....	43
5.3 Shrnutí provedených návrhů	45
6 Tepelně technický výpočet	48
6.1 Určení klimatické zóny	48
6.2 Návrh izolace skříně vozu.....	50

6.2.1 Materiály použité při izolaci vozů	50
6.2.2 Rozdělení skříně vozu do sekcí	52
6.2.3 Přehled složení izolace.....	53
6.3 Výpočet.....	55
6.3.1 Tepelný odpor	55
7.3.2 Součinitel prostupu tepla	56
6.3.3 Součinitel prostupu tepla s tepelnými můstky	57
7.3.4 Jednotkový součinitel prostupu tepla pro danou sekci	57
7.3.5 Vnitřní povrchová teplota stěny.....	58
7.3.6 Celkový součinitel prostupu tepla pro vůz	58
6.3.7 Chladicí výkon.....	59
6.3.8 Topný výkon	62
6.4 Vzorový výpočet.....	63
6.4.1 Koeficient prostupu tepla.....	63
6.4.2 Chladicí výkon.....	65
6.4.3 Topný výkon	66
7 Zhodnocení návrhu	67
Seznam literatury	69

Úvod

V dnešní uspěchané době, kdy lidé nemají mnoho času sami na sebe a většinu dne tráví prací, se dostává stále více ke slovu rekreace, při které si odpočineme od každodenních starostí, nabereme nové síly a vyčistíme si hlavu. Tento rozvoj zaznamenávají, kromě jiných aktivit, také zimní sporty. Zimní střediska začínají být proto přeplněná, a jelikož jezdí většina rekreatantů vlastními dopravními prostředky, je mnohdy kapacita parkovišť naplněna a překročena.

Proto je snaha těchto středisek zavádět spoje hromadné osobní dopravy, která by tento problém zmírnila, nebo zcela vyřešila. Výrobci na základě požadavků provozovatelů upravují dopravní prostředky tak, aby byly vhodné pro přepravu rekreatantů ve střediscích zimních sportů. Největšími změnami prochází většinou interiér vozu tak, aby bylo možné uložit lyže a jiné vybavení.

Cíle diplomové práce

- Provést analýzu základních parametrů a vlastností elektrických a motorových jednotek pro regionální tratě a stanovit výchozí typ jednotky použité k úpravě.
- Definovat požadavky na parametry jednotek obsluhujících střediska zimních sportů.
- Navrhnout modifikaci uspořádání jednotky.
- Výpočet tepelně technických vlastností skříně pro danou klimatickou oblast.
- Provést provozně technické hodnocení návrhu.

1 Analýza základních parametrů a vlastností jednotek pro regionální tratě

Při dnešní rychle se rozvíjící automobilové osobní dopravě a stále rostoucí kvalitou silničních dopravních prostředků, by se dalo říct, že silniční osobní doprava nemá kvalitativní meze. Automobily a zázemí automobilové dopravy je stále kvalitnější. Kde ale silniční doprava naráží na problém, jsou kvantitativní meze. Dnešní intenzita silničního provozu se stává nebezpečnou a velmi nešetrnou k životnímu prostředí. Toto pocítujeme především ve městech a jejich okolí, kde v mnohých případech již silniční doprava přesáhla své kvantitativní meze. Proto se města stále více snaží nahradit individuální silniční dopravu dopravou hromadnou, která je vůči svému okolí šetrnější.

Dříve se úsilí měst zaměřovalo na osobní dopravu uvnitř města, kde byly budovány tramvajové, trolejbusové, autobusové linky. Postupně ale města provozování osobní dopravy ve městě přenechávají podnikatelským subjektům a zaměřují se spíše na mimoměstskou dopravu. Tato změna souvisí se změnou trendu v bydlení, kdy se značná část obyvatel přesouvá z center měst na předměstí a na vesnice. Proto začala být aktuální kromě městské hromadné dopravy také otázka regionální osobní dopravy. Dokládá to v mnoha městech a krajích zavedení integrovaného dopravního systému (např. v Moravskoslezském kraji systém ODIS). Regionální osobní doprava tedy slouží lidem sídlícím v určité oblasti k dopravě do a z města, kde dochází do škol, zaměstnání atp.

Kolejová vozidla určená pro regionální dopravu prošla postupným vývojem. Zprvu se používaly pro přepravu osob na místních tratích smíšené vlaky tvořené osobními a nákladními vozy. Od tohoto způsobu přepravy osob se postupně upouštělo a přecházelo se k přepravě lehkými motorovými vozy (tzv. „kolejové autobusy“).

Z důvodu úspory nákladů vynaložených na provoz vedl vývoj některých pokusných kolejových vozidel pro regionální dopravu k stavbě velmi lehkých, motorových vozů, které byly pro cestující uživatelsky méně přívětivé, a kultura cestování s takovými vozy byla na nízké úrovni. Takový způsob dopravy by pro cestující nebyl příliš atraktivní a z tohoto důvodu raději používali vlastní automobily

pro svou přepravu. Proto při stále se zvětšující poptávce regionů po hospodárných, ale přitom rychlých, bezpečných a pohodlných vozidlech, přišly výrobci kolejových vozidel s koncepčním řešením moderních motorových a elektrických vlakových jednotek. Evropským standardem se staly dvou a tří dílné, nízkopodlažní a dvoupodlažní jednotky.

1.1 Jednotka

Jednotku tvoří zpravidla hnací vozidlo, vložený vůz (nebo více vložených vozů) a řídicí vůz. Tímto spojením vznikne průchozí vlaková souprava, která se na rozdíl od souprav tvořených hnacím vozidlem a samostatnými vozy, které se v průběhu provozu běžně rozpojují a upravují v závislosti na požadavcích, v provozu nerozpojuje. Takovéto jednotky mají v provozu výhodu oproti vlakům tvořených hnacím vozidlem a přípojnými osobními vozy při obratech v koncových stanicích. Zatímco u vlaku bez řídicího vozu je nutné soupravu otočit, což je časově poměrně náročné, jelikož se musí souprava rozpojit, hnací vozidlo musí přejet na opačný konec vlaku, kde se znovu spojí s vozy. U jednotky toto odpadá. Strojvedoucí jen přejde z hnacího vozu na druhý konec vlaku do vozu řídicího a vlak je připraven na další výkon.

1.2 Možnosti sestavení jednotky:

- Pouze hlavová vozidla



Obr. 1: Dvouvozová jednotka [zdroj Vagonka, 2011]

- Hlavová vozidla s jedním vloženým vozem (vložených vozů může být i několik)



Obr. 2: Třívozová jednotka [zdroj Vagonka, 2011]

- Lokomotiva s vloženými vozy a hlavovým řídicím vozem (Push – Pull)



Obr. 3: Jednotka Push – Pull [zdroj Vagonka, 2011]

1.3 Charakteristické vlastnosti a požadavky regionálních jednotek:

1. Velké hodnoty zrychlení a brzdění
2. Rychlá výměna cestujících
3. Nízkopodlažnost
4. Lehká skříň vozu
5. Vhodný interiér
6. Tepelná pohoda uvnitř vozu

Ad 1) Osobní doprava ve střediscích zimních sportů má podobný charakter, jako příměstská doprava. Požaduje se rychlá přeprava co nejvíce osob v co možná nejkratším čase. U takovýchto příměstských tratí bývají krátké vzdálenosti mezi jednotlivými zastávkami. Proto je značná část doby jízdy takovýchto příměstských vlaků tvořena rozjezdy a brzděním do stanic a zastávek. Z toho vyplývá, že by se měly používat takové typy vozidel, které dosahují poměrně vysokých hodnot zrychlení (a to jak při rozjezdu, tak brzdění). Tím se zmenšuje cestovní doba, což přispívá ke spokojenosti cestujících. Hodnota zrychlení u dnes běžně používaných jednotek se pohybuje v hodnotách kolem 1 m/s^2 ($0,7 - 1,2 \text{ m/s}^2$) a zpomalení např. u jednotek Siemens $0,9 \text{ m/s}^2$, v závislosti na typu soupravy. S tím souvisí použití elektropneumatických kotoučových přímočinných brzd místo špalíkových u těchto vlakových jednotek. Brzdy jsou umístěny přímo na kole, nebo na hřídeli dvojkolí. Umístění brzdových kotoučů přímo na kolo se používá zpravidla u hnacích vozidel, jelikož na hřídeli dvojkolí není pro umístění brzdových kotoučů místo z důvodu umístění motoru s převodovkou. Umístění brzdových kotoučů na vložených vozech a vozech řídících (v případě, že nejsou také osazena hnacími nápravami) je řešeno nalisováním brzdových kotoučů přímo na hřídel dvojkolí. Zpravidla se instalují dva až tři brzdové kotouče na jedno dvojkolí. Samozřejmostí je použití dynamické brzdy, která může v určitých případech rekuperovat brzdnou energii, a buď jí vrací zpět do trakčního vedení, nebo jí maří v brzdových odporcích, pokud není síť trakčního napájení schopná tuto rekuperovanou energii zpracovat. Jako posledním typem brzdy bývají jednotky vybaveny kolejnicovou elektromagnetickou brzdou.

Ad 2) Dalším požadavkem je rychlá výměna cestujících. Dnešním standardem je šířka vstupních dveří u příměstských jednotek pohybující se kolem hodnoty 1,3 m. Dveře jsou dvoukřídlové. Šířka vstupních dveří je důležitým faktorem ovlivňující rychlost výměny cestujících. Obecně platí, čím širší dveře jsou použity, tím rychlejší je výměna cestujících. Jsme ovšem také omezeni maximální šířkou použitých dveří. Není vhodné použít příliš široké dveře, jelikož tím ubereme prostor využitelný pro cestující, snížili bychom tedy přepravní kapacitu jednotky.

Tab. 1: Přehled šířky dveří u jednotek [zdroj: vlastní]

Výrobce	Šířka dveří [mm]
Stadler	1300 – 1350 (1600 zubová dráha na Matternhorn)
Siemens	1240
Bombardier	1300
Škoda	1340 – řada 471

Ad 3) Velmi podstatným požadavkem u vlakové dopravy a osobní dopravy vůbec, je jednoduchý nástup a výstup cestujících do dopravního prostředku. Hlavním důvodem tohoto požadavku je snaha ulehčit přepravu cestujícím s omezenou mobilitou (starší lidé, cestující na invalidních vozíčkách apod.). Starší konstrukční řešení železničních vozů buď neumožňovalo přepravu těchto cestujících vůbec, nebo jen v omezené míře. Proto je snaha konstruovat vozy se sníženou podlahou, aby se omezila nutnost použití schůdků a různých mechanismů, pro dopravu cestujících do vozu. Snížená podlaha je většinou v oblasti nástupu cestujících a v přilehlých prostorech vozu.

Zdvihací plošiny:

- Zdvihací plošina ruční: Není součástí vozu, ale je součástí vybavení železniční stanice. V případě potřeby se plošina přemístí na požadované nástupiště, kde se pomocí ní manuálně vyzvedne cestující do vozu.
- Zdvihací plošina s elektrickým pohonem: Tento typ plošiny bývá umístěn přímo ve voze ve dveřním prostoru. Pomocí ovládacích tlačítek a pohon zajišťují elektromotory umístěné na konstrukci. Tato manipulace je tedy méně náročná oproti ruční zdvihací plošině, zmenšuje se také potřebná doba na odbavení cestujících.

U takovýchto vozů je výška nástupní hrany nad temenem koleje stejná, jako výška nástupiště, je tedy možné po překonání mezery mezi hranou nástupiště a vozem, pohodlné nastoupení, nebo vjetí s vozíkem do vozu.

Ad 4) Starší jednotky byly stavěny jako rám svařený z ocelových profilů, potažený plechem. Dnešní vozy jsou stavěny zcela jinou technikou. Místo železných profilů jsou použity protlačované profily ze slitiny hliníku.

Používané slitiny hliníku: Al Mg Si ... *Anticorodal*

Al Mg ; Al Mg Mn ... *Peraluman*

Tyto profily se k sobě přiloží speciálně vytvarovaným zámkem, tímto vznikne prostor ve tvaru žlábků, který se zavaří. Tímto postupem se poskládá a svaří stěny, podlahy i střecha. Před konečným spojením všech těchto dílů, se to stěn vyřežou díry pro okna, dveře a jiné otvory. Poté se k sobě přiloží jednotlivé díly skříně vozu a svaří se k sobě. Všechny sváry vystupující nad povrch stěny se obrousí do stejné roviny. Takto vznikne hrubá stavba vozidla. [3]

Výhody hliníkové stavby skříně:

- Nízká hmotnost
- Odolnost vůči povětrnostním podmínkám (odolnost vůči korozi)
- Menší celkové náklady na 1t užitečného zatížení
- Vyšší životnost
- Rovný, hladký povrch

Nevýhody hliníkové stavby skříně:

- Horší opravitelnost po násilném poškození skříně – např. při nehodě, kdy dojde k poškození skříně vozu, je oprava složitější, než u stavby z železných profilů a ne vždy je oprava vůbec možná. [3]

Ad 5) Pohodlný a estetický vhodně provedený, dobře odhlučňený a dobře osvětlený interiér.

2 Požadavky na parametry jednotek jezdících v zimních střediscích

V dnešní době se v podstatě nevyskytují v běžném provozu vlaky tvořené vozy nebo vlakovými jednotkami, které by byly svým provozním určením striktně určeny pouze pro provoz v zimním nebo letním období. Vnitřní uspořádání interiéru je tedy uzpůsobeno jak pro letní, tak pro zimní provozování. Proto se zde dostává ke slovu tzv. Modularita. To znamená, že se dá poměrně snadno a rychle modifikovat vnitřní prostor daného vozu, nebo železniční jednotky pro zamýšlený typ provozu. Nejedná se ovšem pouze o sezónní řešení vnitřního uspořádání interiéru, ale modularita je schopná splnit široký rozsah požadavků jednotlivých provozovatelů, kteří žádají rozdílná řešení uspořádání vozů. Většinou je to řešeno tak, že má výrobce rozděleny všechny vozy na určité konstrukční části, které se dají mezi sebou měnit. Tyto části mají totožné rozměry, takže není problém jejich snadné záměny. Výsledkem modularity je tedy rychlá reakce na požadavky objednavatele, rychlejší a méně nákladná výroba při zachování požadované kvality výrobku.

Stalo se již standardem jak při výrobě, provozu ale také údržbě nejen železničních vozidel, ale dopravních prostředků vůbec, předpoklad ohleduplnosti a šetrnosti k životnímu prostředí. Obzvláště pak při provozování železničních vozidel v horských lokalitách, kde je kladen důraz na ekologii provozu ještě mnohem větší, než při provozu na běžných tratích.

Faktory ovlivňující ekologii provozu:

- **Emise splodin spalovacích motorů** – Nebylo by vhodné použití železničních vozidel nezávislé trakce. Spalovací motory produkují velké množství výfukových plynů, které jsou značnou zátěží pro životní prostředí.
- **Hluk** – S ohledem na hluk daného vozidla je také nevhodné použití nezávislé trakce, jelikož spalovací motor produkuje značné množství hlukových emisí. Tento hluk je částečně eliminován výfukovými tlumiči, které ale pohltí jen část hluku a zbytek se šíří do okolí. A při průjezdu motorového vozu například údolím, se hluk může ještě násobit.

- **Jiné znečištění okolního prostředí** – Také v tomto případě je vhodnější použití vozidla závislé trakce, jelikož zde není tak velké riziko úniku ropných látek a jiných provozních kapalin, jako u vozidel se spalovacími motory.

Při přepravě cestujících je nutné, aby byly dopravní prostředky vybaveny odkládacími prostory pro jejich zavazadla. Tyto odkládací místa jsou většinou řešena policemi umístěnými nad sedadly cestujících. Police jsou zpravidla řešeny jako rošt vsazený do nosného rámu. Tento způsob by nebyl vhodný pro použití v interiérech vozidel provozovaných v zimních střediscích, jelikož by mohlo docházet k tání sněhu na odloženém zavazadle a odkapávání vody na cestující sedící pod polici se zavazadly. Proto je vhodnější použít druhý typ police s plnou odkládací plochou. Tyto police např. firma Pars Komponenty s.r.o. řeší jako svařenec rámu z hliníkových profilů, vyplněný tabulemi bezpečnostního skla. Tato konstrukce zabrání kapání tajícího sněhu na cestující sedící pod policemi.



Obr. 4: Odkládací police [zdroj: vlastní]

Dalším velice důležitým požadavkem na vozidlo obsluhující zimní středisko je vhodná podlaha. Tímto se rozumí taková podlaha, která zamezí, nebo omezí nebezpečí úrazu či pádu cestujícího a zároveň bude snadná na údržbu. Případně umožní odtoku vody z roztátého sněhu naneseného do vozidla cestujícími. Běžně používaná podlahová krytina v různých halách a jiných prostorech s vysokou koncentrací osob pohybujících se v lyžařských botách jsou gumové rohože. Podlaha s tímto typem podlahové krytiny by sice byla bezpečná při pohybu cestujících v lyžařské obuvi, nevyhovovala by ovšem požadavku snadné údržby. Řešením by mohla být instalace podlahové krytiny z PVC, která se dá poměrně snadno udržovat. Pouze v prostoru nástupu a výstupu cestujících by se umístily na podlahu, pokrytou PVC, gumové rohože, na kterých by si nastupující cestující očistili boty od sněhu a poté by pokračovali dále do vozu. V této části podlahy

by musely být nainstalovány také odtokové drážky, které by odváděly vodu z tajícího sněhu ven z vozidla.



Obr. 5: Gumová rohož
[Homemag [online]. 2012]

Při předpokladu, že bude docházet v jednotkách k manipulaci s lyžařským vybavením, je na místě se také zabývat otázkou odolnosti vnitřního vybavení vozů.

Části náchylné k poškození vlivem manipulace s lyžemi:

- **Dveře** – K poškození by mohlo docházet okopáváním spodní části dveří lyžařskými botami a v případě skleněné výplně dveří by mohlo dojít k rozbití této výplně lyžemi, hůlkami nebo jiným zavazadlem.
- **Okna** – Stejně jako u skleněných výplní dveří, tak také u oken by mohlo hrozit jejich poškození, nebo zničení, manipulací s lyžařským vybavením. Lyže by mohly například vypadnout cestujícímu z ruky a nárazem by poškodily, nebo rozbily sklo okna.
- **Strop** – Strop je také část interiéru vozu, která by mohla být poškozena v důsledku manipulace s lyžemi. Např. při umisťování lyží do držáku, při přecházení špatně odloženého zavazadla, by mohlo dojít k poškrábání, nebo dokonce proražení stropní krytiny.
- **Kryty osvětlení** – Kryty světel jsou ve stejné pozici ohrožení, jako strop, s tím rozdílem, že světla jsou většinou umístěny nad uličkou mezi sedadly, tudíž je tam o to větší riziko poškození, než u zbylé části stropu.

Zabránit poškození skleněných částí interiéru by mohlo pomoci instalaci mříží před skla. Toto řešení by ovšem nebylo příliš estetické a cestující by se v takto upraveném dopravním prostředku zřejmě necítili dobře. Další možností by bylo zrušení oken v prostoru odkládání lyžařského vybavení. Kryty osvětlení by měly být vyrobeny z nějakého odolnějšího materiálu, aby vydržely i úder špičkou lyže nebo hůlkou.

Zřejmě nejpodstatnějším požadavkem na vybavení dopravního prostředku určeného pro provoz ve střediscích zimních sportů je umístění držáků lyží a snowboardů. Přeprava zimních rekreantů dopravními prostředky, které by nebyly vybaveny takovýmito držáky, by byla nepříjemná a někdy také nebezpečná. Problematiku držáků lyží a snowboardů rozeberu podrobněji později v mé práci.

Za předpokladu, že většina cestujících v těchto vlacích budou lyžaři, bylo by vhodné zajistit co možná nejjednodušší odbavení při vstupu do dopravního prostředku. Jelikož dnes se již téměř všude využívají při jízdě lanovou dráhou v zimních střediscích skipasy, které má každý lyžař stále u sebe a odbavovací terminály umístěné před vstupem na lanovou dráhu, nabízí se tedy možnost umístit tyto odbavovací terminály na skipasy také do vlaků obsluhujících zimní střediska. Jednalo by se v podstatě o čtečku čipových karet, jelikož dnes nejrozšířenějším typem skipasů jsou právě skipasy ve formě čipové karty, na které jsou nahrány informace např. o délce platnosti atd. Rekreanti by si tak nemuseli kupovat jízdenky, ale měli by údaj o zaplacení přepravy nahraný na skipasu a při vstupu by jen přiložili kartu ke čtecímu zařízení.

3 Analýza současného stavu železničních vozidel ve střediscích zimních sportů

Nejdříve se podívejme na aktuální stav provozovaných jednotek v zimních horských střediscích. Situaci porovnáme v alpských státech a u nás a v Tatrách na Slovensku.

3.1 Česká republika

Začneme tedy nejdříve v České republice. Pokud se podíváme na mapu české železniční sítě, zjistíme, že většina tratí vedoucích do zimních středisek je regionálního charakteru a v daném středisku tratě končí. Tyto tratě jsou obsluhovány vozy řady 809, 810, 814, 815, 820, 842, 843, 840.

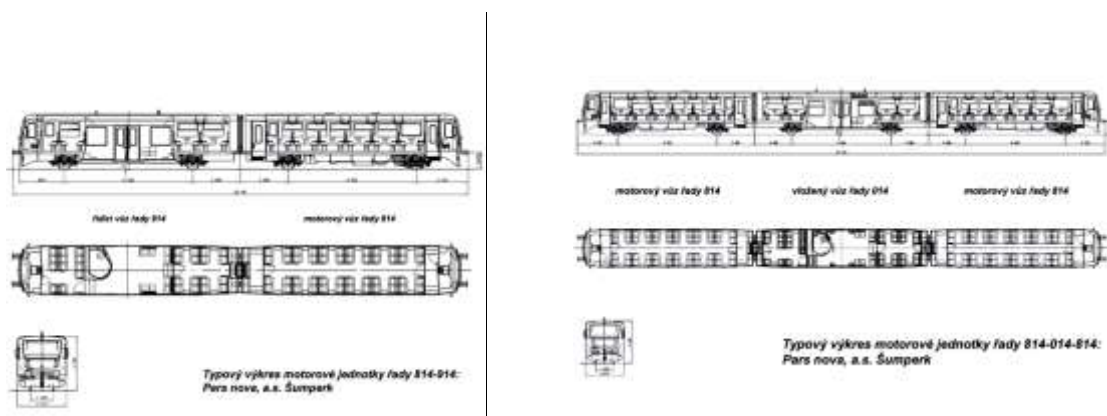
Motorové vozy řady 809 a 810 se vyráběly v letech 1975 až 1982. K nim se vyráběly přípojné vozy řady 010. Tyto motorové vozy jsou určeny pro provoz na regionálních tratích. Z důvodu nepohodlných sedaček a nevhodně navrženého interiéru nejsou tyto vozy mezi cestujícími příliš oblíbené. Vůz má dvě stanoviště strojvedoucího, dva nástupní prostory a jeden centrální oddíl. V jednom nástupním prostoru je umístěno WC a místo pro přepravu objemných zavazadel, se sklopnými sedačkami. Vůz disponuje celkově 55 místy k sezení a 40 místy k stání. V centrálním oddílu jsou sedačky umístěny podle schématu 2 + 3, proti sobě. Skříň vozu je svařena z ocelových profilů. Skříň vozu spočívá na dvou jednonápravových podvozcích. O pohon se stará plochý šestiválcový naftový motor o výkonu 155 kW. Přenos výkonu je zajištěn hydromechanickou dvoustupňovou převodovkou na jednu nápravu. [4]

Motorové jednotky řady 814 se dostávají do provozu postupně od roku 2005. Vznikají přestavbou zastaralých motorových vozů řady 810. Jednotka může být buď dvouvozová, nebo třívozová. Řídící, nebo v případě třívozové jednotky vložený vůz má částečně sníženou podlahu. Dvouvozová jednotka je sestavena z hnacího vozu řady 814 a řídícího vozu řady 914. V případě třívozové jednotky jsou oba čelní vozy hnací. Vozy jsou spojeny šroubovkou. Průchod mezi vozy je osazen pryžovým měchem a přechodovým můstkem zakrývajícím spřahací a narážecí ústrojí. Vnitřní prostor se změnil především v uspořádání sedaček z varianty 3 + 2 na 2 + 2. To umožnilo rozšířit

průchozí uličku a také vyměnit samotné sedačky za pohodlnější a širší. Jednotky jsou vybaveny vždy jedním WC a jedním prostorem pro přepravu objemných zavazadel, umístěným v nízkopodlažní části jednotky. Koncepce pojezdu zůstala stejná jako u výchozích motorových vozů, vyměněn byl pouze hnací agregát a převodové ústrojí. [4]

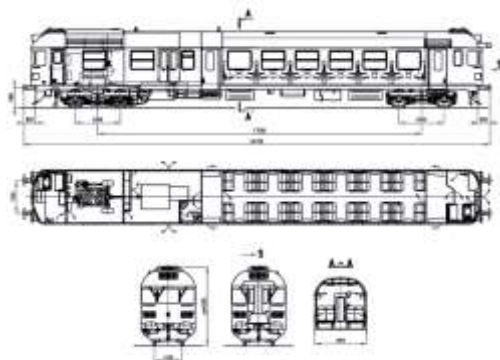
Tab. 2: Kapacita jednotky řady 814. [zdroj: vlastní]

	Počet míst k sezení / sklopné sedačky	Počet míst k stání	Kapacita celkem
Dvouvozová	76 / 8	105	189
Třívozová	127 / 8	151	286



Obr. 6 Uspořádání jednotky řady 814. [Vlaky.net 2012]

Dalším typem provozovaným na českých regionálních tratích je motorový vůz řady 854 a řídící vozy řady 954. Motorové vozy vznikly modernizací vozů řady 852 a 853 a řídící vozy modernizací poštovního vozu řady Postw. Původní zůstala pouze skříň vozu, podvozky a hydrodynamická převodovka. Vozy mají nový antivibrační a antikorozi nátěr a také novou hlukovou a tepelnou izolaci. Uspořádání sedaček je 2 + 2 naproti sobě. Jeden ze dvou nástupních prostor u řídících vozů je určen pro přepravu objemných zavazadel, vybaveným držáky jízdních kol a sklopnými sedačkami, umístěným WC a také jsou zde umístěny zdvihací plošiny pro přepravu osob s omezenou pohyblivostí. Topení je teplovodní se zdrojem tepla ve výměníku ohříváném spaliny z motoru. Kapacita motorového vozu je 48 míst k sezení a 50 míst k stání a u řídícího vozu 71 míst k sezení, 60 k stání a 2 místa pro invalidní vozíky. [4]

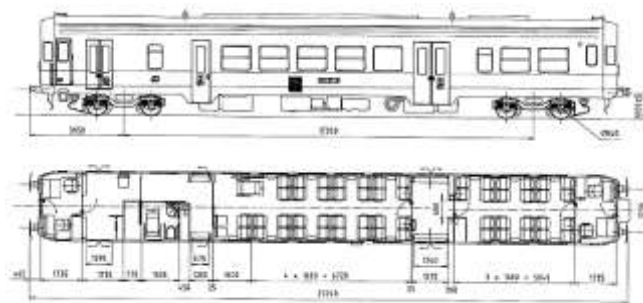


Obr. 7: Typový výkres řady 854. [Vlaky.net 2012]

Regionální tratě také obsluhují vozy řady 842 a 843. Oba tyto vozy jsou si podobné, jelikož se při vývoji řady 843 vycházelo z vozů řady 842. K těmto motorovým vozům jsou vozy řídící řady 943 a vozy přípojné řady 042 a 043. Původně měly tyto vozy nahradit většinu motorových vozů řady 810. Z důvodu malého počtu vyrobených kusů, se tak ale nestalo. Vozy řady 842 a 843 mají samonosnou skříň svařenou s ocelových plechů. K pohonu jsou použity dva spalovací motory LIAZ. Jednotlivé řady se liší především přenosem výkonu. U vozů řady 842 je přenos výkonu řešen pomocí hydromechanické převodovky, zatímco u řady 843 je přenos elektrický přes trakční alternátor a trakční tlapové motory. Vozy disponují dvěma nástupními místy, kde jedno je vybaveno plošinou pro přepravu cestujících s omezenou pohyblivostí. V tomto prostoru je také prostor pro přepravu jízdních kol a objemných zásilek, včetně umístění WC. Topení je teplovzdušné s teplem přivedeným ze spalovacího motoru. [4]

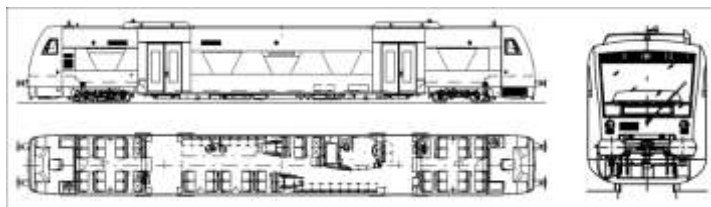
Tab. 2: Kapacita jednotky řady 84_. [zdroj: vlastní]

	Počet míst k sezení / sklopné sedačky	Počet míst k stání	Kapacita celkem
842	64 / 16	64	144
843	59 / 5	60	124
943	64	52	116
043	72	60	132



Obr. 8: Typový výkres řady 843. [Vlaky.net 2012]

Posledním, nejnovějším typem obsluhujícím regionální tratě je motorový vůz řady 840. Vozy mají dva nástupní prostory. Jeden navazuje na prostor pro přepravu objemných zavazadel a druhý na prostor s umístěnou toaletou. Střední část vozu je snížena, pro lepší nástup cestujících. Kapacita vozu je 71 sedících, z toho 20 sklopných sedadel a 98 stojících cestujících. O pohon se starají dva spalovací naftové motory s mechanickým přenosem výkonu. [4]



Obr. 9: Typový výkres řady 840 [Vlaky.net 2012]

3.2 Slovensko

Na Slovensku se zaměříme na oblast Tater, jelikož více větších středisek na Slovensku není. Trať je úzkorozchodná s rozchodem 1000 mm a napájecím napětím DC 1,5 kV. Délka ozubnicové trati je 4,75 km, délka trati z Popradu na Štrbské pleso je 29 km a trať Starý Smokovec – Tatranská Lomnica je dlouhá 6 km.

Obsluhu těchto tratí obstarává několik typů vozidel. Na ozubnicové trati jezdí dvouvozové elektrické jednotky řady 405.95, složené z vozu hnacího (405.95) a vozu řídícího (905.95). Tyto jednotky dodala v roce 1970 Švýcarská firma Schweizerische Lokomotiv und Maschinenfabrik (SLM) Winterthur.

Na trati vedoucí z Popradu do Štrbského Plesa a Tatranské Lomnice jezdily od roku 1967 elektrické jednotky řady 420.95. Jednotka koncepčně vycházela z tehdejších tramvají řad T a K. Jednotky byly třívozové, ocelové konstrukce, s Jakobsovy podvozky. V jednom voze byl umístěn zavazadlový prostor. Kapacita jednotky byla 134 míst k sezení a 156 míst k stání. Sedačky byly rozmístěny naproti sobě a tvořily je dvoumístné lavice. [4]



Obr. 10: Jednotka řady 420.95 a její interiér [wikipedia.org 2012]

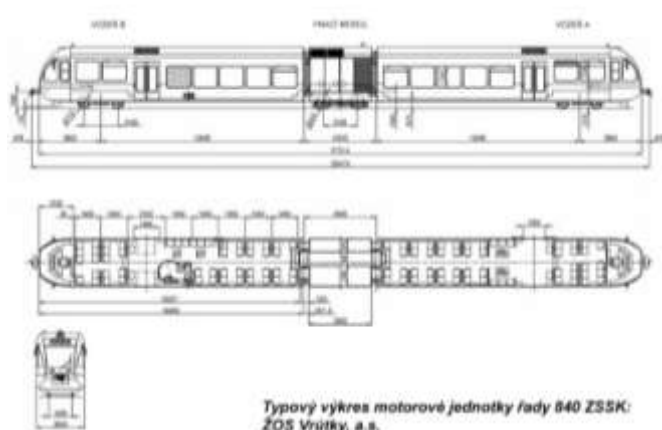
Od roku 2001 je začaly postupně nahrazovat modernější jednotky řady 425.95. Tato jednotka je postavena na základě jednotky Stadler GTW 2/6. ŽOS Vrútky a.s., Stadler Fahrzeuge AG a Daimler-Chrysler Rail Systems Ltd. Jednotka je sestavena ze tří článků. Hlavové vozy jsou vyrobeny z hliníku a středový díl je ocelový. Kapacita jednotky je menší, oproti staré jednotce řady 420.95. Pojme pouze 108 sedících a 92 stojících cestujících. [4]



Obr. 11: Jednotka řady 425.95 [Vlaky.net 2012]

Okolní trať zajišťující spojení zimního střediska s vzdálenějšími městy je již s normálním rozchodem kolejí. Na této trati jsou provozovány jednotky řady 840. Tyto jednotky jsou postaveny na základě typu jednotky Stadler GTW 2/6. Na jejich výrobě se podílely tři firmy: Stadler, která dodala podvozky a hnací modul, firma Bombardier

Transportation vyrobila elektrickou výzbroj a ŽOS Vrútky vyrobila skříně a probíhala zde také kompletace celých jednotek. Jednotka je sestavena ze dvou řídících vozů a centrálního dílu, kde je umístěn spalovací motor a hnací podvozek. Skříně čelních řídících vozů jsou vyrobeny jako hliníková konstrukce a středový hnací modul je ocelový. Jednotka je ze 70% nízkopodlažní a průchozí v celé své délce díky průchozímu středovému modulu. WC je umístěno pouze v jednom voze a je přizpůsobené pro imobilní. Dveře jsou jedny z každé strany v obou vozech. Jsou dvoukřídlé a v jednom voze vybaveny elektricky poháněnou plošinou pro vozíčkáře. Prostor dveří je také vybaven držáky pro přepravu kol a je zde možné umístit i jiné rozměrné zavazadla. Tyto vlakové soupravy jsou vybaveny vodním klimatizačním systémem od firmy Hagenuk Faiveley. [4]



Obr. 12: Typový výkres jednotky řady 840 a její interiér [Vlaky.net 2012]

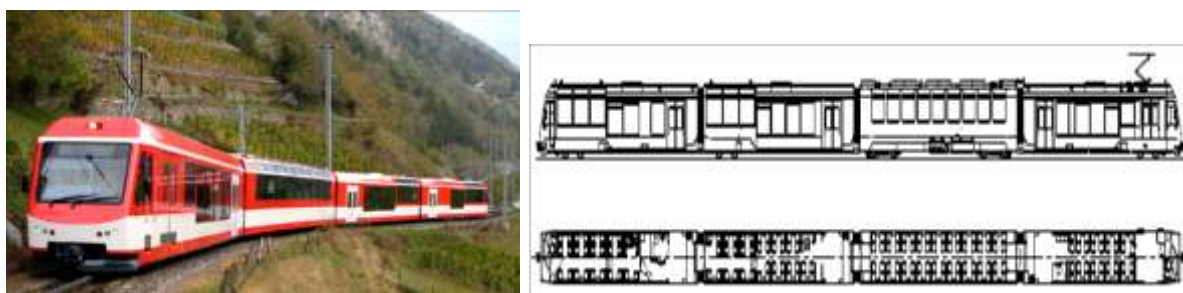
Tab. 3: Technické údaje jednotek obsluhujících Tatry

	Trvalý výkon [kW]	Maximální rychlost [km/h]	Hmotnost [t]	Délka přes nárazníky [mm]	Rozchod kolejí [mm]	Uspořádání pojezdu	Napájecí soustava [kV]
420.95	320	50	47,4	37 534	1000	Bo' Bo' Bo' Bo'	1,5 DC
425.95	320	80	38	32 984	1000	2'Bo'2'	1,5 DC
840	550	115	58,7	38 470	1435	2' Bo' 2'	Nezávislá trakce

3.3 Alpy

Největší použití jednotek přizpůsobených pro provoz v zimních střediscích je právě v oblasti obsluhující Alpy. Uvedu jen několik příkladů vlaků jezdících v okolí Alp, jelikož je jich velké množství a informace o těchto vozech bylo poměrně obtížné získat.

Takže například ve Švýcarsku jezdí ozubnicová elektrická jednotka firmy Stadler ABdeh 4/10, ABdeh 4/8 obsluhující trať vedoucí na Matterhorn. Jedná se o částečně nízkopodlažní koncepci s panoramatickými okny mimo nízkopodlažních oddílů. To umožňuje cestujícím při jízdě mnohem lepší výhled a sledovat okolní krajinu a ledovce nad nimi. Všechny vstupní prostory jsou nízkopodlažní, osazeny dvoukřídlými dveřmi o šířce 1600 mm. Kapacita jednotky je 141 resp. 114 míst druhé třídy a 47 resp. 30 míst první třídy. [5]



Obr. 13: Jednotka Stadler ABdeh a její uspořádání [5]

Druhým příkladem by mohla být ozubnicová diesel-elektrická jednotka odsluhující zimní střediska v Itálii. Tato jednotka je tvořena pouze dvěma čelními vozy, spojenými průchozím spojem. Skříň vozu je vyrobena z hliníkových profilů. Kapacita jednotky je 100 cestujících. Dveře jsou dvoukřídlé, široké 1300 mm. Celý prostor pro cestující je klimatizován. [6]



Obr. 14: Jednotka Stadler a její uspořádání [6]

V Rakousku jsou provozovány v okolí Slazburgu vlaky typu VTs 11, VTs 12, VTs 13. VTs 14 a VTs 15 s úzkým rozchodem kolejí. Vlak tvoří oddělené vozy.



Obr. 15: VTs 15 [SLB Pinzgaub 2010]

4 Stanovení výchozího typu

Výše zmíněné požadavky a vlastnosti regionálních jednotek splňuje více typů železničních jednotek od různých výrobců. Jelikož téma této diplomové práce navrhla firma Siemens, rozhodl jsem se zvolit jako výchozí typ regionální jednotky právě jednotku od firmy Siemens.

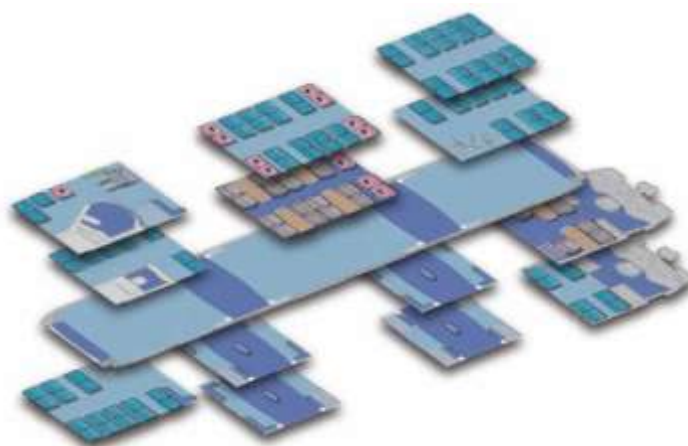
Po konzultaci s pracovníky firmy Siemens, jsem vybral jako výchozí typ železniční regionální jednotku řady DESIRO.



Obr. 16: Jednotka řady Desiro classic [wikipedia.org 2012]

Jednotky řady Desiro mají modulární řešení stavby. Modulární změny jsou rozděleny do dvou skupin. První skupina změn obsahuje použití různých typů pohonů, podvozků a jiných komponent, což umožňuje sestavovat různé typy vozidel, ze kterých lze následně tvořit různé konfigurace železničních jednotek. Takto lze například rozhodnout o typu pohonu, tedy jestli bude vozidlo závislé, či nezávislé trakce.

Druhá skupina změn se zabývá variabilitou interiéru. Základem modularity interiéru je existence délkového modulu o velikosti 1 650 mm. Tato hodnota je dána vzdáleností sedadel tak, aby byla pohodlná pro cestující. Dříve se používal modul o velikosti 1 500 mm. Tato varianta ovšem neposkytovala cestujícím požadované pohodlí při cestování. Modulárně nejsou řešeny pouze prostory pro sezení cestujících, ale také další prostory vozu, jako např. dveřní prostory, prostory pro přepravu kol atd. [2]



Obr. 17: Schéma modularity železničního vozu [7]

Tato jednotka je vyráběna jako jednopodlažní, nebo dvoupodlažní. Pro účely provozu ve střediscích zimních sportů jsem zvolil jednopodlažní řešení. Z hlediska přepravní kapacity cestujících je sice toto jednopodlažní řešení méně výhodné, ale s ohledem na cestující a jejich pohodlí je výhodnější.

U dvoupodlažní verze provozované ve střediscích zimních sportů by docházelo k několika nepříznivým situacím při pohybu cestujícího po voze. Prvním takovým problémem by byl pohyb cestujícího s lyžemi. Stropy u dvoupodlažních vozů jsou nižší, než u jednopodlažních a v případě, že by chtěl nastoupit cestující například s běžkami, které jsou dlouhé i dva metry, tak by měl problém jak při nástupu přes dveře, tak i při pohybu po vlaku. Musel by tedy nést lyže šikmo, což by bylo nebezpečné pro spolucestující. V některých případech by mohlo dojít dokonce k situaci, že by byly lyže delší, než výška stropu v daném voze a v tomto případě by bylo nemožné tyto lyže uchytit do držáků na stěnu kolmo k podlaze vozu. Dalším problémem by byl pohyb samotného cestujícího lyžaře. V lyžařské obuvi, kterou by měl takovýto cestující obutou, je chůze značně ztížena. Noha nejde ohnout v kotníku, a jelikož je bota vyrobena z plastu, tak je také klouzavá a nestabilní. Proto pohybovat se po schodech do horního patra vozu by bylo velmi nebezpečné a mohl by nastat nejeden úraz při pádu z těchto schodů. Toto byly tedy hlavní důvody, proč jsem zvolil pro úpravu jednopodlažní jednotku.

Jednopodlažní verze jednotky Desiro se vyrábí v několika modifikacích. Každý typ má jiné přepravní určení:

Desiro Classic: Jednotka určená především pro místní regionální dopravu. Desiro Classic jsou vyráběny jak pro nezávislou, tak závislou trakci. Převládá však nezávislá trakce. Dieselové jednotky jsou v převážné většině dodávány jako dvouvozové. Elektrické jednotky jsou dvou až pětivozové.

Desiro UK: Jednotky United Kingdom, jak už z názvu vyplývá, jsou určeny pro britský trh.

Desiro ML: Desiro MainLine je nejnovější specifikace jednotky typu Desiro. Je určená pro delší vzdálenosti na hlavních trasách.

Tab. 4: Přehled výkonnostních parametrů [12]

Typ jednotky	Napájecí systém [kV/Hz]	Max. výkon na dvojkolí [kW]	Maximální rychlost [km/h]
Classic	DC 3	1650; 2000	140
	AC 25 / 50	1300	140
	AC 25 / 50	1800; 3000	160
	Diesel	2 x 275	120
UK	DC 750 V	1500	160
ML	AC 15 / 16,7	2600	160
	DC 3	2000; 2550	160
	AC 25 / 50	2000; 2550	160

5.1 Technický popis jednotky:

Vozová skříň je vyrobena jako svařenec z protlačovaných profilů z hliníkové slitiny. Skříň splňuje požadavky vyhlášky UIC 651, takže je schopná odolat v ose spráhla tlaku 1 500 kN a pod čelním oknem 300 kN. Čela jednotek jsou aerodynamicky tvarovaná. Jednotlivé vozy jsou spojeny centrálním automatickým spráhlem, které přenáší tlakové a tahové síly.

Výchozí jednotka je složena ze tří vozů. Dva hlavové vozy a jeden vůz vložený. Jeden hlavový vůz slouží jako řídicí vůz a druhý jako hnací.



Obr. 18: Schéma složení jednotky [Stadler. In: Fahrzeuge und services, 2011]

Vlak je průchozí v celé své délce díky propojení jednotlivých vozů průchody. Ty jsou odizolovány dvouvrstvými měchy, které zmenšují tepelné ztráty a pronikání hluku do interiéru. Hlavové vozy mají jeden normální podvozek a druhý podvozek Jacobsonův, který spojuje vždy dva sousední vozy.

Prostor pro cestující je vybaven čalouněnými sedačkami umístěnými naproti sobě v řadách po čtyřech a rozděleny průchozí uličkou. Police pro umístění příručních zavazadel jsou umístěny podélně nad sedačkami. Dále je také ve vozech umístěn prostor pro přepravu objemných zavazadel, jako jsou např. jízdní kola. Jsou zde také umístěny sklopné sedačky a bezbariérové WC.

Přepravní kapacita přepravovaných osob ve vlaku je dána aktuálním uspořádáním vnitřního prostoru každého vozu. Ve výchozím stavu je počítáno pouze s oddíly druhé třídy, místy k sezení se sklopnými sedačkami a místy na stání.

Tab. 4: Přepravní kapacity výchozí jednotky. [zdroj vlastní]

	Počet sedadel 2. třídy	Počet sklopných sedaček	Počet míst k sezení celkem	Počet míst ke stání [4 osoby/m ²]	Celková přepravní kapacita
Hnací vůz	58	5	63	54	117
Vložený vůz	64	0	64	45	109
Řídící vůz	58	5	63	54	117
Celkem	180	10	190	153	343

5 Návrh modifikace jednotky

Jako výchozí typ jednotky jsem tedy zvolil jednotku z produkce firmy Siemens Desiro s uspořádáním jednotky znázorněným na Obr. __. Způsob uspořádání vnitřního prostoru je nevyhovující pro potřeby provozu ve střediscích zimních sportů a je tedy nutné provést úpravy uspořádání vnitřního prostoru tak, aby splňoval výše uvedené požadavky na vlastnosti jednotky provozované v horských oblastech na tratích obsluhujících zimní střediska. Při mém návrhu se nebudu zabývat pohonem, pojezdem a jinými funkčními celky jednotky. Pouze navrhnu změny v uspořádání vnitřního prostoru a jeho vybavení a provedu tepelně technický výpočet skříně vozu.

Jednotka bude závislé trakce, tvořena třemi vozy. Dva vozy hlavové a jeden vůz vložený. Hlavové vozy budou osazeny jedním podvozkem hnacím a druhým běžný Jakobova typu.

5.1 Držák lyží

Zařízení pro uchycení lyží a snowboardu patří k hlavnímu vybavení interiéru vlaků zamýšlených pro provoz ve střediscích zimních sportů. Informace o držácích pro lyže není snadné získat. Existuje několik způsobů konstrukčního řešení těchto držáků. Většina je ovšem používána pro přepravu lyží a snowboardů na střeších osobních automobilů. Ukázka tohoto držáku jsou na Obr. 15. V hromadných dopravních prostředcích je používán nejčastěji způsob přepravy lyží v oddělených prostorech dopravního prostředku, jako jsou např. úložné prostory ve spodní části autobusů, nebo ve speciálních přepravních skříních uchycených na zadní straně autobusu. Při přepravě lyží osobními automobily jsou používány speciální držáky umístěné na střeše vozidla, nebo na dveřích zavazadlového prostoru automobilu.

Při návrhu držáků lyží a snowboardů do železniční jednotky jsem vycházel tedy z konstrukce držáků používaných na osobních automobilech.

6.1.1 Požadavky na držáky lyží

- Dobrá fixace lyží – Uchycení lyží musí být natolik pevné, aby nedocházelo k samovolnému vypadávání, narážení lyží o sebe navzájem a jinému

poškození umístěných lyží v držáku. Tento požadavek na držáky lyží v dopravních prostředcích je velice důležitý z hlediska bezpečnosti cestujících pohybujících se ve voze za jízdy, brzdění a rozjíždění soupravy.

- Rychlé a snadné upevnění lyží – Držák by měl být konstruován tak, aby jeho používání bylo co nejjednodušší a nejrychlejší. Mechanismus uchycení by měl být tedy jednoduchý, aby jeho použití bylo jasné cestujícím i při jeho prvním použití. Pokud by cestující musel zdlouhavě studovat princip vložení a uchycení lyží do držáku, zdržoval by tím nastupující cestující za sebou a tím pádem také celý proces nástupu cestujících do vlaku. To by mělo dopad nejen na prodloužení doby stání vlaku ve stanici a tedy také celkové doby cestování z výchozí do cílové stanice vlaku, ale také by to mohlo způsobit nepříjemné pocity cestujících, kteří by se jistě necítili nejlépe, pokud by viděli, že zdržují celý vlak.
- Kapacita – Při návrhu počtu držáků by se mělo vycházet z kapacity daného žel. vozu. Neměla by tedy nastat situace, že by si cestující neměl kam odložit své lyže nebo snowboard. Instalace většího počtu držáků ovšem znamená zmenšení přepravní kapacity osob, měl by se tedy najít určitý kompromis, kolik držáků na úkor míst pro cestující se do daného vozu instaluje.
- Šetrnost k lyžím – Držák je nutné zkonstruovat tak, aby nedocházelo k poškození umístěných lyží. Vlivem vibrací by mohlo docházet k oťukávání a škrábání horní lakované strany lyží, což by z estetického hlediska snižovalo cenu lyží v případě pozdějšího prodeje. Nové lyže, nebo snowboard dnes není vůbec levná záležitost. Cena nových lyží se pohybuje od pěti až po dvacet tisíc korun, někdy i více. Proto by jistě jejich majitel nebyl potěšen, kdyby takovéto lyže došly újmy při přepravě uchycené v držáku.



Obr. 19: Držák lyží s pryží [Thule 2011]

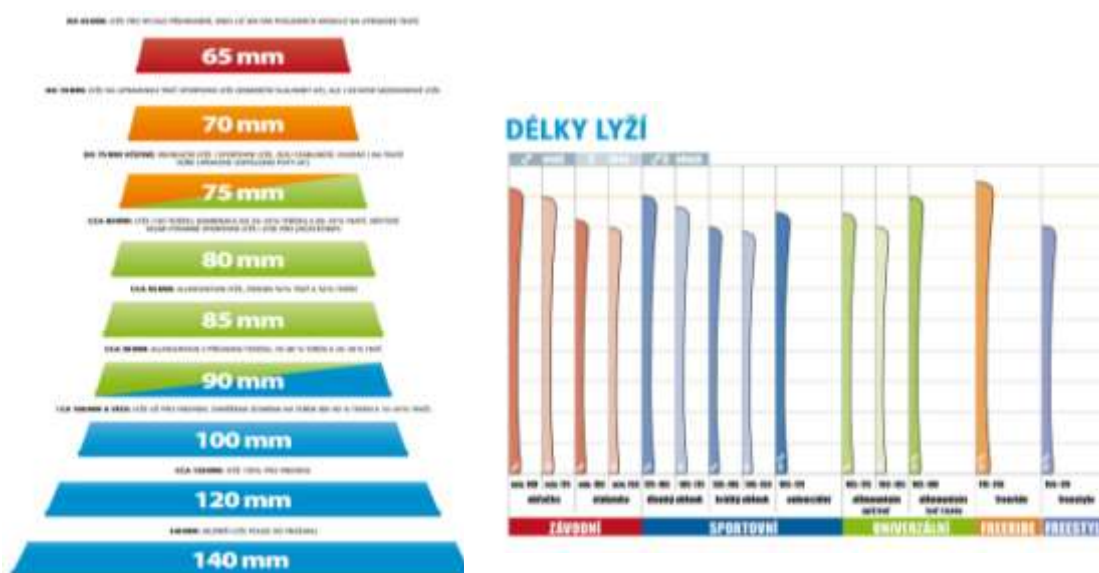
Poškození lyží uchycených v držácích se dá zamezit, nebo minimalizovat několika způsoby. První možností je více typů, nebo velikostí držáků, na určité typy a velikosti lyží a snowboardů. Jelikož je ale dnes široká škála druhů, tvarů a velikostí lyží, je tato možnost v podstatě nerealizovatelná.

Další možností, je vymezení zbylého prostoru držáku pryží, která by bránila v pohybu uložené lyže v daném držáku. Takovýto držák by byl univerzální pro všechny typy lyží a snowboardů, viz Obr. 19.

- Estetika a ergonomie – Velký důraz je dnes kladen také na kulturu cestování. Proto je důležité, aby držáky interiér vozu nijak nehyzdily a také aby byly uživatelsky přívětivé z ergonomického hlediska. Držáky by měly být v takové výšce, aby cestující nemuseli zvedat lyže příliš vysoko.

5.1.2 Rozměrová studie lyží a snowboardů

Dříve se používaly lyže jiné, než je tomu dnes. Byly dlouhé a úzké. Dnes se tvar lyží velmi změnil. Lyže jsou kratší a širší. Délky klasických sjezdových lyží se pohybují v rozmezí od 150 cm do 180 cm a šířka od 75 mm do 90 mm. Z těchto rozměrů jsem vycházel při návrhu tvaru, velikosti držáků a jejich umístění ve vozech.

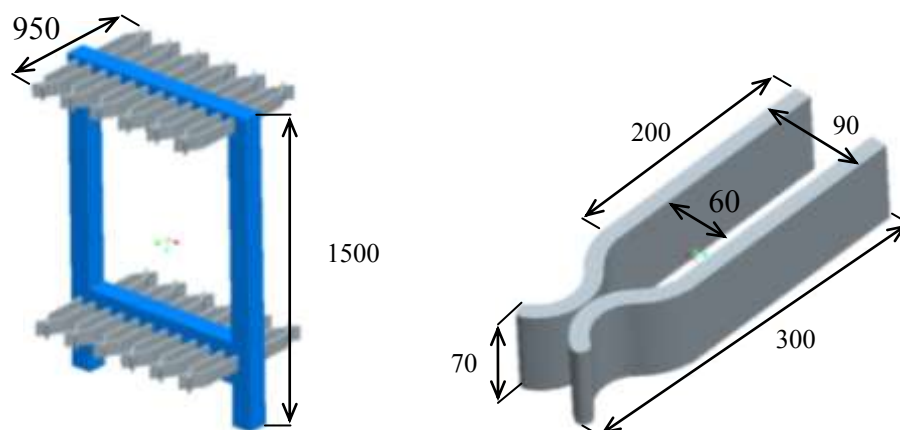


Obr. 20: Rozměry lyží [Ivan Sosna. In: Jak vybrat sjezdové lyže 2010]

Já jsem navrhl dva typy držáků lyží s jednoduchou konstrukcí a snadným používáním.

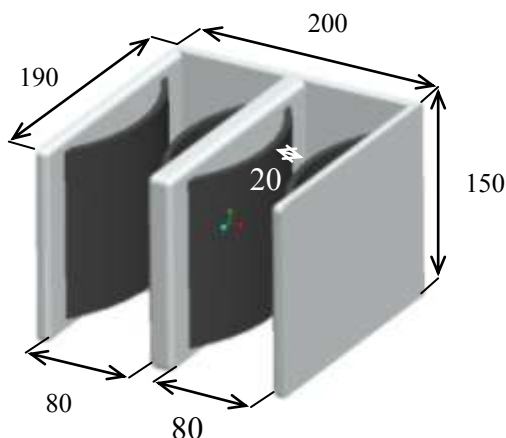
1. Držák má dvě plastové čelisti, do kterých cestující silou zasune lyže, nebo snowboard. Lyžemi zatlačíme na čelisti, které se tímto rozevrou, a poté bude možné lyže vsunout do držáku. Po zatlačení lyží do držáku se čelisti vrátí do své původní polohy a tím zafixují vložené lyže. Čelisti držáku jsou vyrobeny

z pružného a zároveň pevného materiálu. Použit by se dal například nějaký druh plastu, nebo silonu. Vnitřní strana čelistí by mohla být na přání zákazníka vybavena navulkanizovanou pryží pro lepší ochranu uložených lyží.



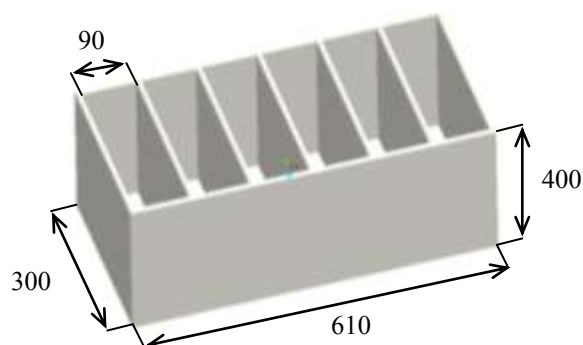
Obr. 21: Držák lyží – varianta 1 [zdroj: vlastní]

2. Druhý návrh držáku je založen na podobném principu s tím rozdílem, že nemá takové zástavbové nároky, jako první. Držák je zhotoven z kovového profilu ve tvaru U. Na vnitřní straně má dva pryžové oblouky umístěné naproti sobě tak, že při zasunutí lyží cestujícím do držáku, zafixují lyže.



Obr. 22: Držák lyží – varianta 2 [zdroj: vlastní]

Jelikož se tato druhá varianta konstrukce držáků nedá použít pro odkládání snowboardů, musel jsem navrhnout zvláštní držák také pro snowboardy.



Obr. 23: Držák lyží – snowboard [zdroj: vlastní]

Držák je tvořen šesti dílčími přihrádkami pro uložení snowboardu. Ten se do držáku jednoduše vloží a zůstane ve vertikální poloze. Držák je tedy jednoduchý jak z pohledu konstrukce, tak použití. Jelikož držák nemá žádnou fixaci vloženého snowboardu, mohla by se nabízet otázka vypadávání uložených snowboardů při razantním brzdění. Tomu je ale zamezeno vysokým okrajem držáku, který znemožní vypadnutí snowboardu. Ten se opře o horní hranu a spodní vnitřní stěnu držáku, ale nevypadne.

5.2 Uspořádání interiéru

Při úvahách o rozmístění jednotlivých komponent v interiéru jednotky je nutné myslet na praktičnost, ergonomii a pokud možno co největší kapacitu každého vozu. Je také nutné zohlednit požadavky samotného zákazníka, který si vozy objednal, bude je provozovat a má své specifické požadavky na to, jak by měla daná jednotka vypadat a jaké má mít parametry.

Z tohoto důvodu je dobré připravit více návrhů uspořádání interiéru jednotky, aby si zákazník mohl vybrat, která varianta mu bude lépe vyhovovat pro jeho potřeby a uvažovanou oblast nasazení jednotky. Tomuto nejlépe vyhovuje variabilita vnitřního prostoru modularitou. V tomto případě ale nebudu s modularitou uvažovat a navrhnu několik možných způsobů uspořádání vnitřního prostoru. Modularitou budou řešeny jen malé části interiéru pro sezónní potřeby.

5.2.1 Varianta 1

Hlavní myšlenkou této varianty je vymezení místa společného s nástupním prostorem, kde by byly nainstalovány držáky lyží a snowboardů. Cestující by si zde

uložily svou lyžařskou výzbroj a pokračovali by dále do vozu, již bez lyží, kde by se usadili.

Jak hlavové, tak vložené vozy mají na každé straně vozu jedny vstupní dvoukřídle předsuvné dveře. Šířka dveří je 1480 mm a výška 2300 mm. Vstupní prostor navazuje bezprostředně na oddíl určený pro přepravu objemných zavazadel. Jelikož bude jednotka provozována jak v zimním, tak i v letním období, je třeba počítat kromě přepravy lyží a jiného zimního vybavení, také s variantou přepravy jízdních kol, dětských kočárků atp. Tento prostor je tedy řešen modulárně tak, aby byla možná jeho co možná nejsnadnější a nejrychlejší přeměna ze zimní modifikace na letní. Přeměna bude spočívat v demontáži držáků lyží a následné instalaci držáků jízdních kol, případně sklopných sedaček pro navýšení kapacity sedících cestujících. V podlaze odkládacího prostoru jsou odtokové drážky pro odvádění tajícího sněhu z odloženého lyžařského vybavení a celá plocha podlahy nástupního a úložného prostoru je pokryta gumovou rohoží. Ta zmenšuje rizika pádu a úrazu.

V jednom hnacím voze je v prostoru pro přepravu objemných zavazadel zmenšen počet odkládacích míst pro lyže a snowboardy a na jejich místě je instalována bezbariérová toaleta. Celá jednotka má pouze jedno WC, jelikož se předpokládá cestování na poměrně krátké vzdálenosti, takže nebude taková potřeba toalety v každém voze, jako tomu je např. u vlaků obsluhujících dálkové tratě. Toaleta je vakuová, přizpůsobena pro cestující s omezenou mobilitou nebo na invalidním vozíku. Prostor toalety je také vybaven umývadlem.

Nástupní a úložný prostor je od prostoru pro cestující oddělen dvěma příčkami z průhledného plexiskla. Toto řešení umožní cestujícím neustálý dohled nad svým odloženým lyžařským vybavením a zároveň zmírní pronikání studeného vzduchu do oddílu cestujících. Použitím průhledného plexiskla místo neprůhledné příčky, se také opticky zvětší prostor vozu a bude tak pro cestující příjemnější.

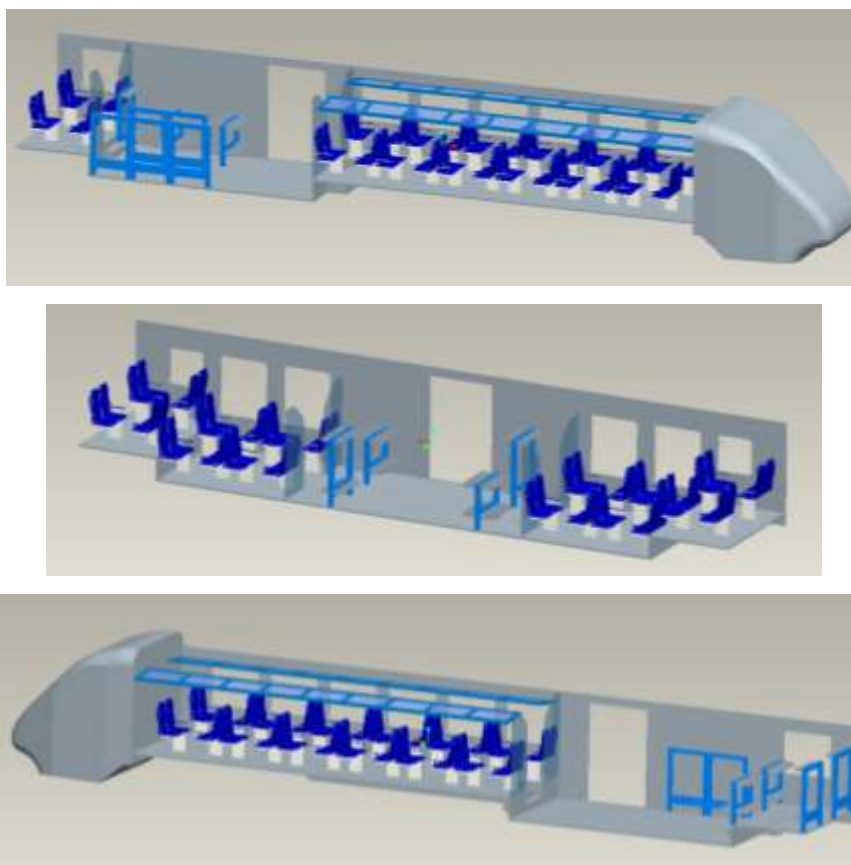
Po nastoupení si tedy cestující odloží lyže do držáku a bez lyží se půjde usadit. K přepravě cestujících jsou ve vozech zřízeny velkoprostorové oddíly. Vložený vůz má dva stejně velké tyto oddíly. Hnací vozidla mají velkoprostorový oddíl pouze jeden a druhý oddíl pro cestující je malý, pouze se dvěma řadami sedadel. Sedadla jsou ve

všech oddílech instalovány podle schématu 2 + 2 naproti sobě. Šířka uličky mezi sedadly je 930 mm a velikost prostoru mezi protějšími sedadly činí 500 mm.

Pro odkládání příručních zavazadel jako jsou např. kabelky, batohy a jiné, slouží odkládací police umístěná na stěně průběžně přes celou délku oddílu pro cestující. Jelikož jsou odkládací police umístěny nad hlavami sedících cestujících a na policích budou ležet odložené zavazadla, na kterých by mohl být sníh, který by postupně skapával dolů na cestující. Proto mají police celistvou odkládací plochu, vyrobenou z tvrzeného skla. Tající sníh tedy nebude skapávat na cestující, ale bude odtékat na konec police, kde odteče na podlahu a následně pryč z vozu.

Tab. 5: Kapacita jednotky varianta 1 [zdroj vlastní]

	HV 1	VV	HV 2	Celkem
Počet sedadel	56	48	48	152
Sklopná sedadla	0	0	0	0
Držáky lyží	60	48	48	156



Obr. 24: Uspořádání interiéru podle varianty 1 [zdroj: vlastní]

Tato varianta mne napadla jako první z několika důvodů. Hlavní myšlenkou bylo, že cestující si odloží lyže ihned po nastoupení do vlaku. Tím se již dále o ně nemusí starat a může se pohodlně jít usadit do vozu a nikoho při tom neohrožuje manipulací s lyžemi. Tím, že budou všechny lyže soustředěny do jednoho místa ve voze, omezí se výskyt vody z tajícího ledu na lyžích v ostatních částech vozu. Podstatnou nevýhodou této varianty uspořádání je ovšem fakt, že své uložené lyže nebude mít cestující pod dozorem. A to je při dnešní hrozbě krádeží poměrně podstatný problém. Cestující by si tak pravděpodobně brali své lyžařské vybavení s sebou do vozu a tím by vznikalo mnoho nepříjemných a nebezpečných situací.

5.2.2 Varianta 2

Hlavní změnou oproti první variantě je to, že tato varianta nepočítá s prostorem vymezeným pro uložení lyžařského vybavení. Držáky na lyže budou přichyceny přímo na bocích sedaček.

V první variantě uspořádání interiéru jednotky je počítáno s šířkou jednoho sedáku 400 mm a šířkou uličky mezi sedadly 930 mm. Tato šířka uličky by byla zcela nevyhovující při představě, že do ní budou ještě navíc zasahovat držáky s umístěnými lyžemi a snowboardy. Aby bylo možné umístit držáky lyží na boky sedaček, je nutné rozšířit průchozí uličku mezi sedadly v oddíle pro cestující. Rozšíření uličky mezi sedadly docílíme dvěma způsoby:

- zúžení sedadel – Z původně zamýšleného rozměru šířky sedáku v první variantě uspořádání interiéru 400 mm by muselo být upuštěno. Sedák by musel být zúžen na takovou hodnotu, aby po instalaci sedadel vznikla ulička dost široká na to, aby se dalo pohodlně projít, aniž by cestující zachytávali o uložené lyže v držácích na bocích sedaček. Zúžení sedáku by ale nebylo vhodné z důvodu pohodlí pro cestující. Naopak by mělo u jednotek jezdících v zimních střediscích docházet k rozšiřování sedací plochy, jelikož cestující jsou oblečeni do objemných zimních bund a zateplených kalhot, takže při sezení zabírají mnohem více místa, než cestující oblečení do normálního oblečení.

- ubráním sedadla – Další možností při řešení problému umístění držáků lyží na bok sedadel je ubrání jednoho sedadla v každé řadě, takže by se schéma rozmístění sedadel změnilo z původního 2 + 2 na 2 + 1. Toto řešení by vytvořilo mnohem širší uličku, do které by nebyl problém umístit držáky lyží na boky sedaček tak, aby nevadily při průchodu cestujících kolem nich.

Pro úpravu interiéru jednotky jsem vybral tedy druhou možnost úpravy, tedy ubrání jednoho sedadla, tedy variantu 2 + 1. Tuto variantu jsem zvolil především z důvodu zachování prostoru pro sedícího cestujícího, kterého by se mu nedostalo v případě zúžení sedáku. Po instalaci držáků lyží na boky sedaček vznikne v oddílu průchozí ulička o šířce 650 mm.

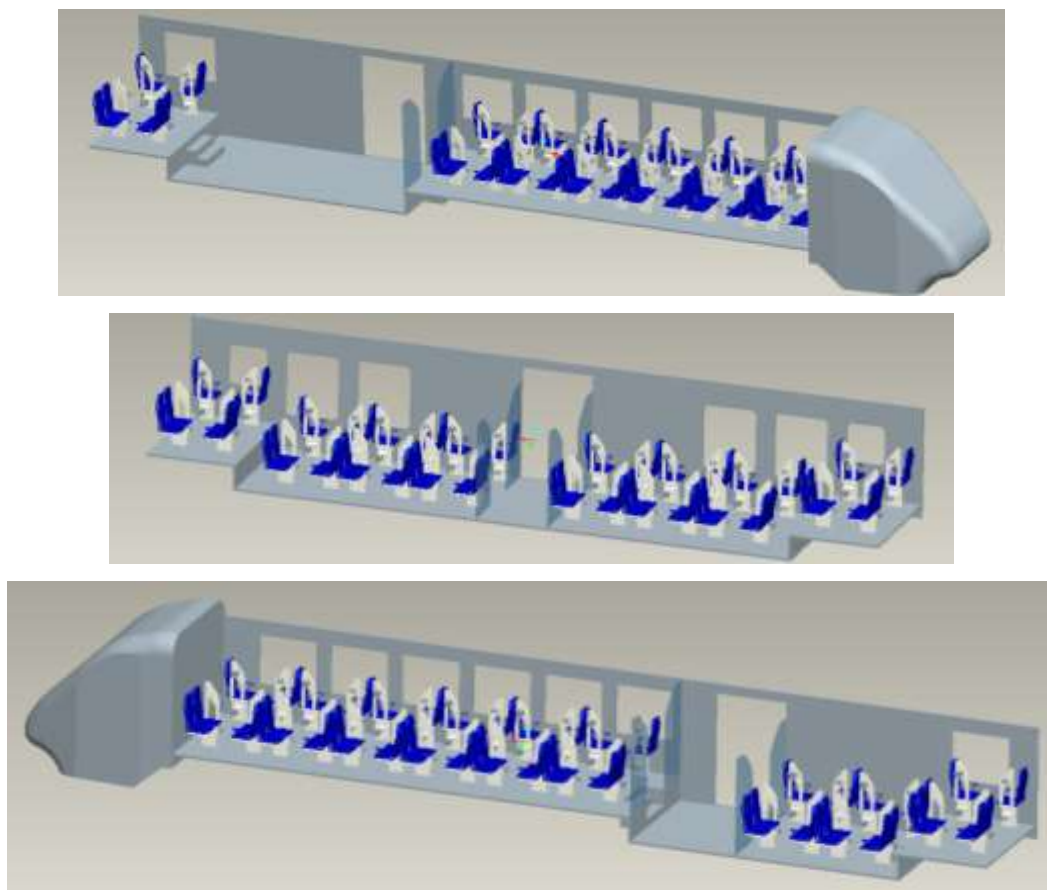
Pro odkládání příručních zavazadel budou sloužit stejně jako v první variantě uspořádání police umístěné průběžně na stěně vozidla nad hlavami sedících cestujících. Police se skládají z rámu svařeného z profilů, vyplněný skleněnými tabulemi, které zabrání skapávání roztátého sněhu z obložených zavazadel na cestující sedící pod těmito policemi.

Jednotka je vybavena pouze jednou toaletou umístěnou v jednom hlavovém voze. Toaleta je vakuová, přizpůsobena pro cestující s omezenou mobilitou nebo na invalidním vozíku. Prostor toalety je také vybaven umývadlem.

Posloupnost úkonů při nastupování do jednotky se liší oproti nástupu do jednotky uspořádané podle první varianty uvedené výše. Po nástupu cestujícího do vlaku pokračuje dále do oddílu pro cestující i s lyžemi a neodkládá je. Lyžařské vybavení si každý uloží do držáků až přímo u své sedačky.

Tab. 6: Kapacita jednotky varianta 2 [zdroj vlastní]

	HV 1	VV	HV 2	Celkem
Počet sedadel	42	48	54	144
Sklopná sedadla	0	0	0	0
Držáky lyží	42	48	54	144



Obr. 25: Uspořádání interiéru podle varianty 2 [zdroj: vlastní]

Hlavní výhodou této varianty je fakt, že cestující má své lyže stále pod dohledem. Jelikož je má uložené v držáku přímo na své sedačce, není problém si je ohlídat proti případné krádeži, nebo poškození. Nevýhodou této varianty ovšem je právě umístění držáků lyží na bocích sedaček. Takto uchycené držáky zasahují do průchozí uličky mezi sedadly a tím zhoršují pohyb cestujících ve voze. Navíc v případě, že se cestující pohybuje v lyžařské obuvi a s lyžemi v ruce, může hrozit zavadění o čnějící držák, pád a úraz. Z těchto důvodů si myslím, že tato varianta není příliš vhodná pro realizaci.

5.2.3 Varianta 3

Tato varianta vychází úvahově z varianty první, tedy vyhrazení jednoho místa, určeného pro odkládání lyžařského vybavení. Na rozdíl od první varianty, kde je počítáno s maximálním obsazením vozu cestujícími s lyžařským vybavením, u této varianty je v celé jednotce pouze 36 míst pro umístění lyží a 30 míst pro odložení snowboardů. Tento počet držáků sice nepokryje celou kapacitu jednotky, z vlastních

zkušeností a současnému trendu v osobní dopravě si ale myslím, že nikdy, nebo málo kdy, bude obsazenost jednotky cestujícími s lyžařským vybavením takové, aby nestačil výše zmíněný počet držáků.

Rozdíl oproti první variantě je také v tom, že jsou zde instalovány současně držáky na lyžařské vybavení, ale také na jízdní kola. Toto řešení má několik důvodů. Jedním z nich jsou náklady spojené s montáží, demontáží a uskladněním sezónních držáků. Všechny tyto aspekty stálou instalací obou typů držáků se eliminují, což je pro provozovatele příznivější. Dalším důvodem je fakt, že v určitých obdobích roku nastane taková situace, kdy na úpatích hor bude již sníh roztátý a toho budou chtít využít cyklisté, ale na hřebenech hor bude ještě stále dost sněhu pro lyžaře. V tomto případě by se muselo ustoupit jedné, nebo druhé skupině cestujících a držáky pro jejich vybavení demontovat. Takto je jednotka stále připravena pro obsluhu jak letních, tak zimních cestujících. V prostoru s umístěnými držáky na lyže a kola jsou také navrženy odkládací místa pro snowboardy.

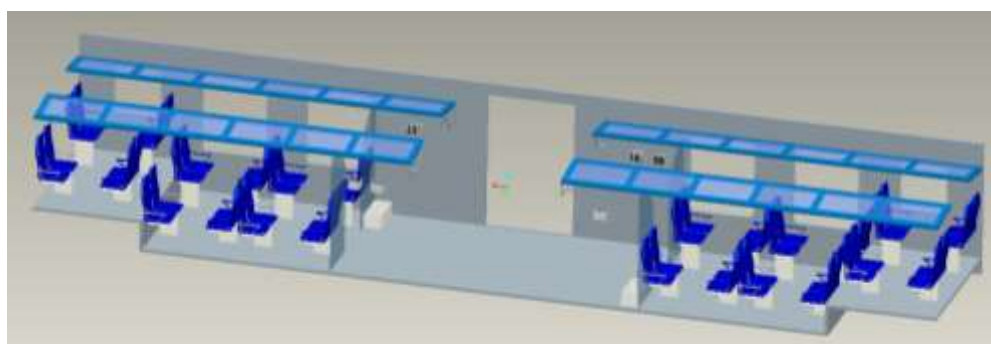
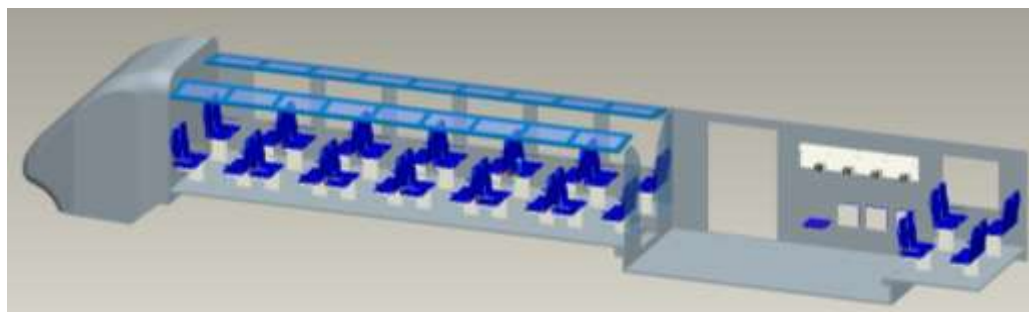
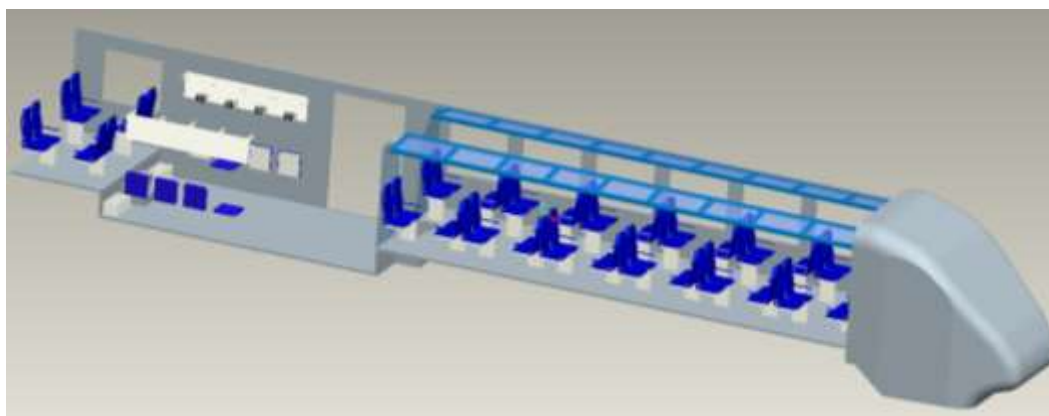
Sedačky jsou v jednotce rozmístěny podle schématu 2 + 2. Mezera mezi protějšími sedačkami činí 600 mm oproti 500 mm použité v prvních dvou variantách a průchozí ulička mezi sedadly je široká 930 mm. Zvětšení mezery mezi protějšími sedačkami o 100 mm jsem se dostal na hodnotu použitou ve výchozím řešení interiéru dané jednotky. Tato vzdálenost protějších sedaček je podstatně lepší, jelikož nabízí větší komfort cestování sedícím osobám. Cestující zde budou mít více prostoru na nohy a budou se moci pohodlněji usadit. Pro zvýšení přepravní kapacity jednotky jsem navrhl také umístění sklopných sedadel v prostoru určeném pro odkládání lyží. Tato místa se mohou využít v případě, že zde nejsou umístěny lyže, nebo jízdní kola.

Stejně jako v první variantě, také i v tomto případě je použita pouze jedna toaleta umístěná v jednom z hlavových vozů. Toaleta je přizpůsobená pro cestující s omezenou pohyblivostí. Disponuje vakuovým systémem a také je zde k dispozici umývadlo se zrcadlem.

Také odkládací police jsou provedeny stejným způsobem, jako je tomu u první varianty. Tedy ocelová konstrukce vyplněná skleněnými tabulemi, zabraňujícími kapání tající vody z odložených zavazadel na cestující sedící pod policemi.

Tab. 7: Kapacita jednotky varianty 3 [zdroj vlastní]

	HV 1	VV	HV 2	Celkem
Počet sedadel	56	48	56	160
Sklopná sedadla	8	0	4	12
Držáky lyží + SNB / držáky kol	16 + 12 / 8	12 + 12 / 4	8 + 6 / 4	66/16



Obr. 26: Uspořádání interiéru podle varianty 3 [zdroj vlastní]

Změnou koncepce držáků proti první variantě, ze které jsem u návrhu varianty 3 vycházel, jsem dosáhnul zvětšení kapacity jednotky o dvacet míst. Celkem má tedy jednotka kapacitu 172 míst, včetně sklopných sedadel. Zmenšením počtu držáků zbylo 66 držáků na lyže a snowboardy, což by mělo stačit na pokrytí potřeb přepravovaných cestujících s lyžařským vybavením. Navíc jsem navrhnul umístění šestnácti držáku pro

jízdní kola. Tím je jednotka stále připravena jak na letní, tak zimní provoz, aniž by byla nutná záměna držáků. Hlavní nevýhodou této varianty, stejně jako u varianty první, je fakt, že jsou lyže mimo kontrolu cestujícího, který si je do držáku uložil. Proto by mohlo v praxi docházet k situacím, kdy by si cestující brali své lyže s sebou na místo a tam by si je drželi sami, což by bylo nepříjemné pro ně i jejich okolí.

5.2.4 Varianta 4

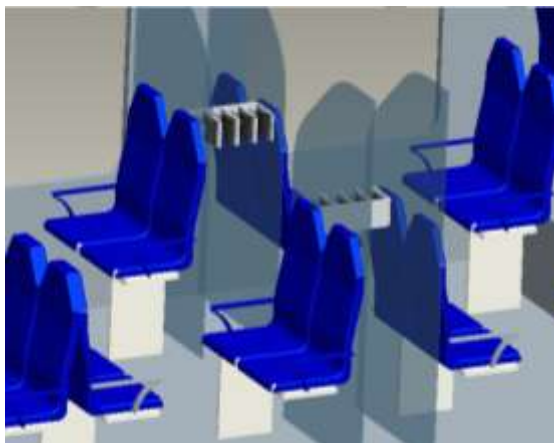
Poslední varianta vychází koncepčně z druhé varianty popsané v této práci. Hlavní myšlenkou je tedy umístění držáků lyží tak, aby měl cestující své lyže stále pod dohledem a nemusel se obávat o jejich odcizení, nebo poškození. Tento návrh uspořádání je, dle mého názoru, mnohem sofistikovanější, než návrh 2, ze kterého vychází. Stejně jako u třetí varianty, kde jsem zmenšil počet držáků pro lyže, tak také u této varianty jsem počet držáků zmenšil. Jednotka disponuje celkem 168 místy a pouze 56 místy pro lyže a 36 místy pro snowboard, tedy dohromady 92 odkládacích místy pro lyžařskou výbavu.

V jednom voze je vakuová toaleta s umývadlem. Je přizpůsobená pro cestující s omezenou pohyblivostí.

Sedačky jsou stejně jako ve třetí variantě uspořádání rozmístěny podle schématu $2 + 2$ s šířkou průchozí uličky mezi sedačkami 930 mm. Vzdálenost naproti sobě umístěných sedaček je 600 mm. Pro využití prostoru vozu vedle toalety jsou umístěny na stěně vozu sklopné sedadla.

Držáky lyží jsou vyřešeny zcela jinak, než v druhé variantě. Není zde žádná konzole na boku sedaček, na které by byly držáky. Zadní stěny sousedních opěradel se nedotýkají, ale je mezi nimi mezera 420 mm. Do těchto mezer jsou umístěny držáky se čtyřmi místy, které jsou uchyceny přímo na konstrukci opěradla. Mezi držáky a opěradla jsou navíc vloženy tabule z plexiskla, které oddělují sedačku od držáků. Tím je zamezeno znečištění, nebo namočení tajícím sněhem cestujícího sedícího na sedadle. Tyto boxy pro odkládání lyží nejsou mezi všemi sedačkami, ale vždy za dvěma dvojicemi sedadel. Při rozmístění jsem vycházel z faktu, že nebude plná obsazenost vozu cestujícími s lyžemi, tudíž nebude potřeba tolika držáků. Vozy jsou kromě držáků na lyže, umístěných mezi sedadly, také vybaveny držáky pro odkládání snowboardů.

Posledním typem držáků jsou držáky na jízdní kola. Tyto jsou přichycené na koncích odkládacích polic pouze ve vloženém voze.

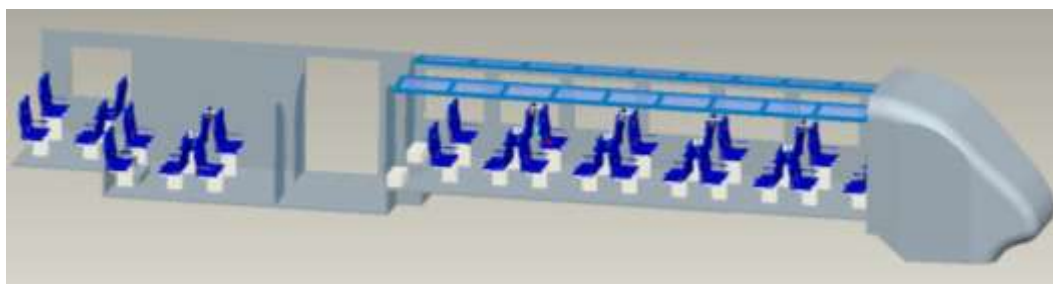
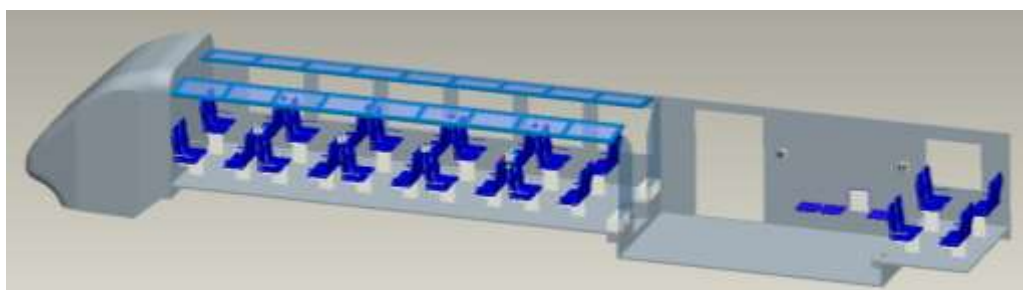


Obr. 27: Umístění držáků varianty 4 [zdroj: vlastní]

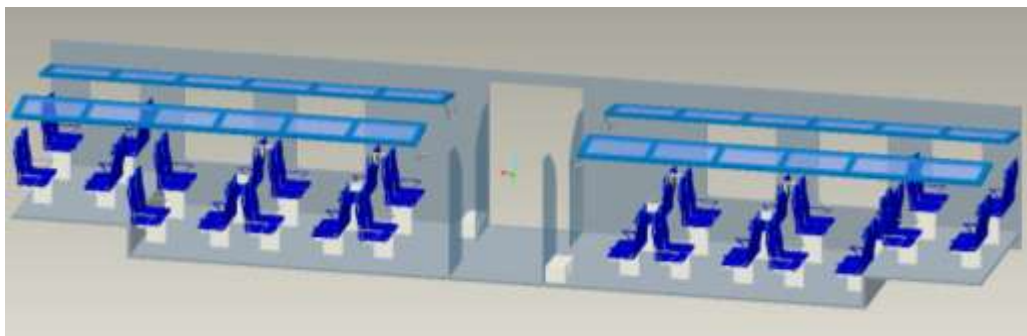
Odkládací police jsou stejné konstrukce, jako u výše zmíněných variant, tedy kovový rám a skleněná výplň, zabráňující stékání tajícího sněhu na pasažéry sedící pod policemi.

Tab. 8: Kapacita jednotky variantu 4

	HV 1	VV	HV 2	Celkem
Počet sedadel	48	56	60	164
Sklopná sedadla	4	0	0	4
Držáky lyží + SNB / držáky kol	20 + 12 / 0	16 + 12 / 4	20 + 12 / 0	92



Obr. 28: Uspořádání interiéru podle varianty 4 [zdroj: vlastní]



Obr. 28: Uspořádání interiéru podle varianty 4 [zdroj: vlastní]

Stejně, jako u třetí varianty, i zde se úpravou výchozí varianty 2 zvětšila přepravní kapacita jednotky a zmenšil počet držáků na lyžařské vybavení. Počet sedadel se z původních 144 zvýšil na 164 a držáků ubylo o 52 na celkových 92 míst pro uložení lyží a snowboardů.

5.3 Shrnutí provedených návrhů

Varianty uspořádání interiéru vychází ze dvou koncepcí.

- První je zřízení centrálního úložného prostoru, vybaveného držáky lyží a snowboardů, odděleného od prostoru pro cestující.
- Druhá koncepce má umístěné držáky přímo v prostoru pro cestující

Tab. 9: Přehled výhod a nevýhod [zdroj: vlastní]

	Výhody	Nevýhody
Koncepce 1,3	centrální odkládací místo, bezpečná a snadná manipulace s lyžemi při nástupu a výstupu,	riziko poškození nebo ztráty lyží,
Koncepce 2,4	stálý dohled nad lyžemi	Nebezpečí úrazu při manipulaci, obtížná manipulace s lyžemi při nástupu a výstupu

První dvě varianty jsou poměrně předimenzovány z hlediska odkládacích míst pro lyže. Při dnešním trendu osobní dopravy, kdy většina turistů cestuje osobními automobily, je vozidlo vybavené stejným počtem držáků na lyže, jako počtem sedadel, zbytečné. Situace, že by vlakem jelo 100% lyžařů, proto nebude příliš častá, není tedy

třeba instalovat takové množství držáků na úkor míst pro cestující. Proto nejsou tyto varianty pro realizaci zcela vyhovující. Navíc jsem v těchto dvou návrzích použil první návrh držáku (viz Obr. 18), jehož konstrukce, jak se později ukázalo, nebyla vyhovující. Držáky by zabíraly příliš mnoho místa a tím, že by vyčnívaly do prostoru, kde se pohybují cestující, byly by tak poměrně nebezpečné.

Proto jsem tyto dvě varianty použil při dalších myšlenkách a navrhl jsem dvě podobné varianty, které již tyto nedostatky nemají. Zmenšil jsem tedy počet odkládacích míst pro lyže a tím jsem mohl navýšit počet sedaček a tím zvýšit kapacitu osob jednotky. Umístěním držáků na stěny vozu a mezi opěradla sedaček jsem také vyřešil problém čnějících držáků do prostorů, ve kterých by se pohybovali cestující. Takto jsou držáky mimo tyto prostory a pohyb cestujících po voze je tak mnohem bezpečnější.

Tab. 10: Srovnání kapacit variant [zdroj vlastní]

	Kapacita osob	Počet držáků
Varianta 1	152	156
Varianta 2	144	144
Varianta 3	172	66
Varianta 4	164	92

V této tabulce vidíme zmíněný nárůst přepravní kapacity osob oproti prvních dvou variant a naopak zmenšení počtu držáků lyží a snowboardů. Při rozhodování, která z těchto variant by byla nejlepší, bude hlavní fakt, kde bude daná jednotka operovat. První dvě varianty by byly vhodné do míst, kde by byla převaha cestujících s lyžařským vybavením. Mohlo by se jednat o střediska, kolem kterých je více hotelů, ze kterých by ubytovaní hosté využívali dopravy na sjezdové tratě právě tyto vlaky a svá osobní vozidla nechali zaparkovaná u hotelu a tím by neměli problémy s parkováním svých vozidel u sjezdovek.

Naopak druhé dvě varianty jsou více univerzální a je tedy možné jejich použití ve více případech, než první dvě varianty. Tomuto také nahrává fakt, že jednotky v těchto variantách disponují kromě držáků na lyže, také držáky na jízdní kola. Proto by se daly tyto jednotky nasadit také na delší tratě, které by neobsluhovaly pouze střediska zimních sportů, ale také okolí těchto středisek. Zde by se právě využily kapacity

jednotky pro jízdní kola, jelikož v místech mimo zimní střediska již může být sníh roztátý a cyklisté budou využívat těchto přepravních služeb zároveň s lyžaři v jednom vlaku.

Konečný výběr varianty uspořádání jednotky bude tedy záležet především na koncovém zákazníkovi, který bude vědět, v jaké lokalitě hodlá danou soupravu nasadit a na tomto základě vznesе požadavky na uspořádání a vybavenost interiéru každé jednotky.

6 Tepelně technický výpočet

Po návrhu modifikace uspořádání interiéru jednotky jsem přistoupil k další části mé práce, kterou bylo provést výpočet tepelně technických vlastností skříně vozu pro danou klimatickou oblast. Při výpočtech jsem vycházel z normy ČSN EN 13129-1 Železniční aplikace – Klimatizace pro vozidla na přepravu cestujících na hlavních tratích.

Před samotným výpočtem je nutné si uvést několik základních pojmů použitých ve výpočtech.

Vnější vzduch nebo čerstvý vzduch: Vzduch odebraný z venku.

Recirkulovaný vzduch: Vzduch odebraný z určitého interiérového prostoru a zpět vrácený do tohoto prostoru.

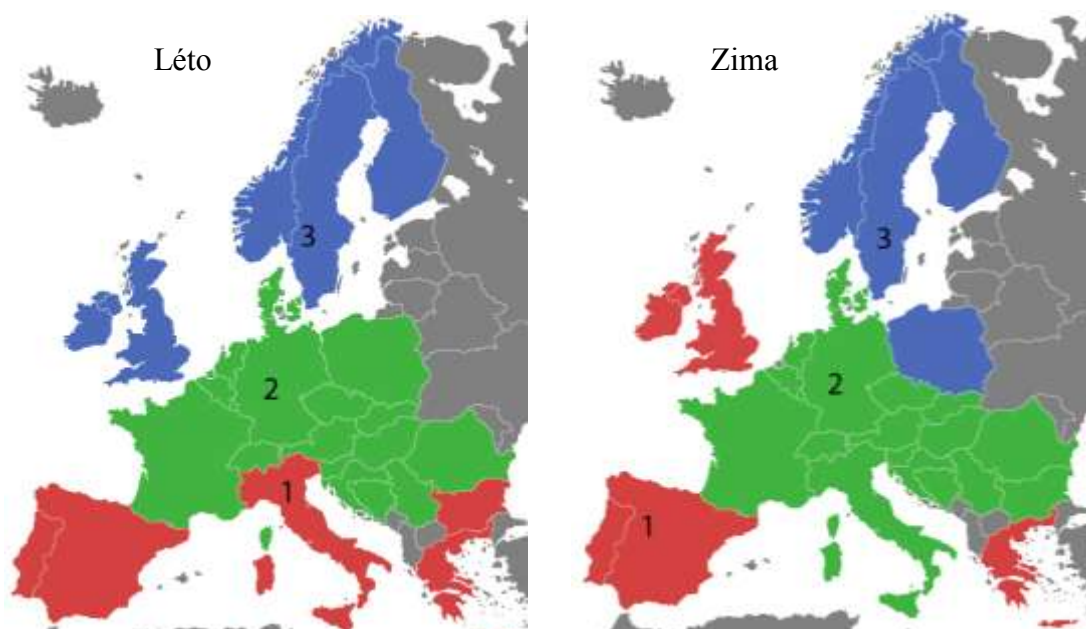
Směšený vzduch: Kombinace čerstvého a recirkulovaného vzduchu.

Součinitel prostupu tepla: Vyjadřuje celkovou výměnu tepla mezi prostory oddělenými od sebe danou stavební konstrukcí. $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ [8]

Měrná tepelná vodivost: Udává schopnost materiálu vést teplo. $[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$

6.1 Určení klimatické zóny

Rozdělení Evropy na klimatické zóny je znázorněno na Obr. 29. V levé části obrázku je rozdělení klimatických zón Evropy v létě a v pravé části je rozdělení v zimě. Rozdělení Evropy na jednotlivé klimatické zóny jsem použil na základě UIC a EN.



Obr. 29: Klimatické zóny Evropy [zdroj: vlastní]

Pro každou klimatickou oblast platí určité hodnoty venkovních teplot vzduchu, velikosti slunečního zatížení a dalších hodnot. Přehled těchto hodnot je uveden v tabulkách 11 a 12.

Tab 11: Minimální zimní teploty [čsn en 13192-1 2002]

Klimatické zóna	Minimální venkovní teplota [°C]
Zóna 1	- 10
Zóna 2	- 20
Zóna 3	- 40

Tab. 12: Údaje letních hodnot [čsn en 13192-1 2002]

Klimatické zóna	Maximální venkovní teplota [°C]	Relativní vlhkost vzduchu [%]	Ekvivalentní sluneční zatížení [W/m ²]
Zóna 1	40	40	800
Zóna 2	35	50	700
Zóna 3	28	45	600

Dalším údajem důležitým pro výpočet je množství čerstvého vzduchu na jednoho cestujícího. Množství potřebného vzduchu se liší v závislosti na venkovní teplotě.

Tab. 13: Množství čerstvého vzduchu [čsn en 13192-1 2002]

Vnější teplota T_e [°C]	Min. množství čerstvého vzduchu na osobu při 20°C a 50% relativní vlhkosti [m ³ /h]
$T_e \leq -20$	10
$-20 \leq T_e \leq -5$	15
$-5 \leq T_e \leq 26$	20
$26 \leq T_e$	15

Nejprve bylo nutné tedy stanovit klimatickou oblast, pro kterou budu dále výpočet provádět. Pro výpočet jsem zvolil střední Evropu, ve které se nachází pohoří Alpy, kam bych směřoval primárně provoz těchto jednotek. Tato část Evropy spadá do druhé klimatické oblasti. Pro lepší přehlednost jsem vytvořil souhrnnou tabulku, ve které jsou uvedeny všechny potřebné údaje pro následující výpočty pro tuto klimatickou zónu.

Tab. 14: Souhrn údajů pro zónu 2 [čsn en 13192-1 2002]

Min. venkovní teplota [°C]	- 20
Max. venkovní teplota [°C]	35
Relativní vlhkost vzduchu [%]	50
Ekvivalentní sluneční zatížení [W/m ²]	700
Min. množství čerstvého vzduchu na osobu [m ³ /h]	15

6.2 Návrh izolace skříně vozu

Při návrhu izolace skříně vozu jsem vycházel ze zkušeností výrobců kolejových vozidel, konkrétně firmy Siemens. Jejich pracovník mi poskytl informace o tom, jaké materiály se používají na izolace skříní jednotek a kde se používají. Tyto materiály popíši v následující podkapitole.

6.2.1 Materiály použité při izolaci vozů

Materiálů použitých pro izolaci skříně vozu a materiálů pro jejich překrytí není mnoho. Všechny vrstvy izolace jsou instalovány na vnitřní straně skříně vozu, takže na venkovní je pouze samotná hliníková stěna.

Antihlukový a antivibrační nástřík – Slouží k základnímu odizolování stěn skříně. Nanáší se ve vrstvě zhruba 3 mm tlusté.

Skelná vlna – Skelná vlna tvoří hlavní část tepelné a hlukové izolační vrstvy skříně vozu. Jedná se o minerálně vláknitý materiál na bázi skla, vyrobeného z recyklovaného užitkového skla.

Moniflex – „Moniflex je ryze přírodní produkt, vyrobeny na bázi celulózy. Díky ekologickému původu a zpracování Moniflex splňuje ty nejtvrdší požadavky v ohledu na životní prostředí. Moniflex je sestaven z transparentních izolačních desek o síle 6 mm formou sendviče. Hlavní přednosti tohoto materiálu jsou následující: - Extrémně nízká hmotnost [9]

- Výborné odvětrávací vlastnosti.
- Lehce a efektivně zpracovatelný (tvarovatelný)
- Dlouhá životnost
- Vlhkost proteče, nebo se odpaří – není napadán plísněmi“

Dřevěná podlahová deska – „OSB desky jsou plošně lisované desky z orientované rozprostřených velkoplošných třísek sestavené ze tří vrstev a vázané pojivem z umělé vodovzdorné pryskyřice. Jsou velmi pevné, odolné proti nárazům a vibracím. OSB desky mají výborné mechanicko-fyzikální vlastnosti, dají se použít i ve vlhkém prostředí. Další předností je vysoký tepelný odpor a zdravotní nezávadnost.“ [10]

Tab. 15: Součinitele tepelné vodivosti materiálů [zdroj ústní sdělení siemens]

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
Antivibrační nástřík	0,2
Moniflex	0,0565
Skelná vlna	0,034
Dřevěná podlahová deska	0,21
Podlahová krytina	0,6
Obložení	0,3

6.2.2 Rozdělení skříně vozu do sekcí

Vůz má několik konstrukčních částí, kterými je nutné zabývat se zvlášť při návrhu izolace. Proto jsem rozdělil skříň na jednotlivé části a ty pak dále do menších dílčích segmentů.

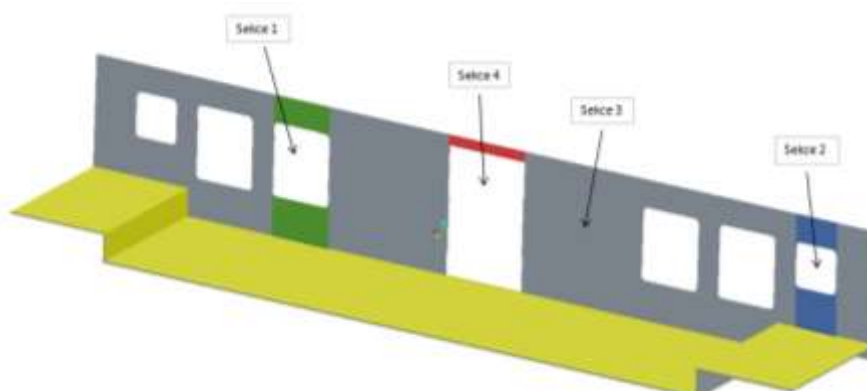
Rozdělení skříně vozu:

- Podlaha
- Stěna – ta je dále rozdělena takto:
 - Sekce 1 ... Část stěny s velkým oknem a částí stěny nad a pod tímto oknem.
 - Sekce 2 ... Část stěny s malým oknem a částí stěny nad a pod tímto oknem.
 - Sekce 3 ... Ostatní plocha stěny mezi jinými sekcemi.
 - Sekce 4 ... Dveře s částí stěny nad dveřmi.
- Střecha

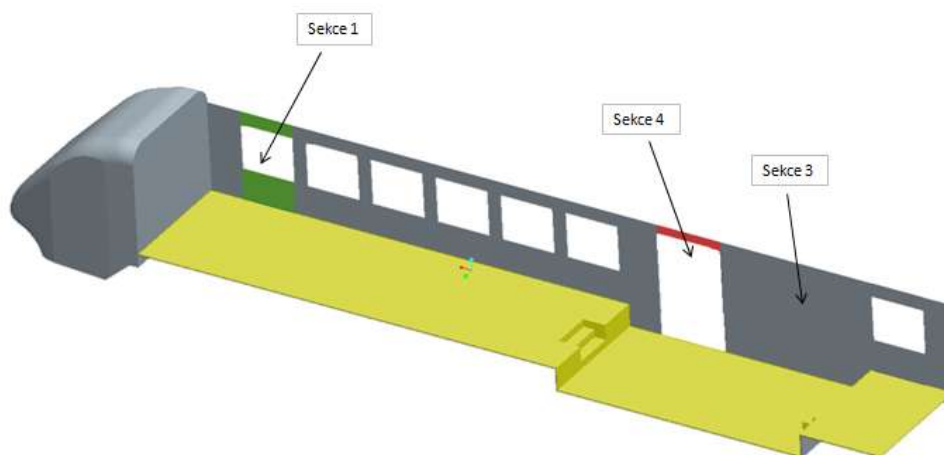
Sekce 1, 2 a 4 jsou dále ještě rozděleny do tří částí, a sice na okno, část nad oknem a část pod oknem.

Střechu a podlahu jsem dále nedělil na dílčí sekce, jelikož jsem použil na celé ploše těchto částí stejné typy izolace.

Na následujících obrázcích je názorně vidět rozdělení vloženého a hlavového vozu na jednotlivé části.



Obr. 30: Rozdělení skříně vloženého vozu [zdroj: vlastní]



Obr. 31: Rozdělení skříně hlavového vozu [zdroj: vlastní]

U hlavového vozu jsem nezavedl Sekci 2, jelikož zde není použito menší okno, jako je tomu u vloženého vozu.

6.2.3 Přehled složení izolace

Jak jsem již zmínil výše, každá část vozu má jinou strukturu složení izolační vrstvy. Podle zkušeností pracovníků firmy Siemens jsem navrhl následující izolace pro jednotlivé části vozu.

Hlavový vůz

Tab. 16: Přehled částí izolace [zdroj vlastní]

Část skříně	Rozdělení sekce	Použitý materiál	Tloušťka [mm]	Celková tloušťka [mm]
Sekce 1	nad oknem	nástřík	3	66
		skelná vlna	60	
		obložení	3	
	okno			
	pod oknem	nástřík	3	66
		moniflex	30	
		skelná vlna	30	
		obložení	3	

Sekce 3		nástřik	3	66
		skelná vlna	60	
		obložení	3	
Sekce 4	nad dveřmi	nástřik	3	66
		skelná vlna	60	
		obložení	3	
	dveře			
Střecha		nástřik	3	66
		skelná vlna	60	
		obložení	3	
Podlaha		nástřik	3	90
		moniflex	30	
		skelná vlna	30	
		dřev. podl. deska	18	
		krytina	9	

Vložený vůz

Vložený vůz má stejnou skladbu izolace skříně s jedním rozdílem, kterým je další Sekce 2, chybějící u hlavového vozu. Proto znázorním údaje pouze pro tuto Sekci.

Tab. 17: Přehled částí izolace [zdroj vlastní]

Část skříně	Rozdělení sekce	Použitý materiál	Tloušťka [mm]	Celková tloušťka [mm]
Sekce 2	nad oknem	nástřik	3	66
		skelná vlna	60	
		obložení	3	
	okno			
	pod oknem	nástřik	3	66
		moniflex	30	
		skelná vlna	30	
		obložení	3	

Složení izolace u Sekce 2 je totožné, jako u Sekce 1. Rozdíl je ale v jejich plochách zapříčiněný jinými rozměry okna. Z důvodu pozdějšího výpočtu jsem byl nucen tedy tyto části řešit zvlášť.

Izolaci oken a dveří jsem neřešil. Pro tyto komponenty mi byly poskytnuty data firmou Siemens, se kterými oni běžně pracují, takže jsem je použil v mých výpočtech také.

Tab. 18: Hodnoty dveří a oken [zdroj ústní sdělení siemens]

	Tepelný odpor [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]	Součinitel prostupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
Okno	0,55	1,4
Dveře	0,08	4

6.3 Výpočet

Vzorce použité v této podkapitole jsem použil na základě ústního sdělení zaměstnance firmy Siemens.

Postup výpočtu:

1. výpočet tepelného odporu
2. výpočet součinitele prostupu tepla bez tepelných můstků
3. výpočet součinitele prostupu tepla se započítáním tepelných můstků
4. výpočet prostupu tepla pro danou sekci
5. výpočet povrchové teploty stěny
6. výpočet celkového součinitele prostupu tepla pro daný vůz
7. výpočet chladicího výkonu
8. výpočet topného výkonu

6.3.1 Tepelný odpor

„*Tepelný odpor vyjadřuje tepelně izolační vlastnosti konstrukce.*“ [8] Pro jeho výpočet je třeba znát složení tepelné izolace dané konstrukce. Na základě použitých

materiálů a jejich vlastností je poté možné vypočítat hodnotu tepelného odporu konstrukce dle vztahu č. (1)

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (1)$$

Kde: R ... tepelný odpor $[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$

l ... tloušťka materiálu [mm]

λ ... měrná tepelná vodivost materiálu $[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$

i ... materiál

7.3.2 Součinitel prostupu tepla

„Vyjadřuje celkovou výměnu tepla mezi prostory oddělenými od sebe danou stavební konstrukcí.“ [8]

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_a} + R + \frac{1}{\alpha_i}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (2)$$

Kde: k ... součinitel prostupu tepla $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

R ... tepelný odpor $[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$

$\alpha_{a,i}$... součinitel přestupu tepla konvekcí $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

Hodnoty součinitelů přestupu tepla konvekcí se mění v závislosti na směru prostupu tepla - α_i , nebo rychlosti vlaku - α_a a tedy v závislosti na rychlosti obtékajícího vzduchu proudícího kolem vlaku.

Tab. 19: Hodnoty součinitelů přestupu tepla konvekcí (zdroj EN ISO 6946)

typ součinitele	směr proudění	hodnota součinitele $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
α_i	vodorovně	7,7
	svisle dolů	5,882
	svisle nahoru	10
α_a	stojící vlak	25

6.3.3 Součinitel prostupu tepla s tepelnými můstky

Jelikož stěny vozu nejsou celistvé a jsou na ně přichyceny sedačky, police, na stropu jsou držáky pro vzduchotechniku a jiné rozvody, vznikají přechodové tepelné můstky, které nemají takové izolační vlastnosti jako ostatní části stěn a proto se s nimi musí počítat při výpočtu.

Nejprve jsem musel zjistit procentuální podíl tepelných můstků v každé sekci a poté jsem je dosadil do vzorce ve výpočtovém tvaru.

$$k_m = k \cdot (1 - M) + \frac{M}{\frac{1}{\alpha_a} + \frac{1}{\alpha_i}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (3)$$

Kde: k_m ... součinitel prostupu tepla s tep. můstky $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

k ... součinitel prostupu tepla $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

M ... tepelné můstky $[-]$

$\alpha_{a,i}$... součinitel přestupu tepla konvekcí $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

7.3.4 Jednotkový součinitel prostupu tepla pro danou sekci

Nejprve si musím vypočítat součinitel přestupu tepla pro celé plochy jednotlivých dílčích částí sekce, čehož dosáhnu dosazením do vztahu č. (4)

$$k_{sp} = k_m \cdot S \quad [\text{W} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (4)$$

Kde: k_{sp} ... prostup tepla pro danou plochu $[\text{W} \cdot \text{K}^{-1}]$

k_m ... součinitel prostupu tepla s tep. můstky $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

S ... plocha dílčí části povrchu sekce $[\text{m}^2]$

Poté sečteme všechny tyto plochy dílčích částí a tím dostaneme celkovou plochu řešené sekce. Totéž provedeme se všemi součiniteli prostupu tepla dílčích ploch a tím dostaneme celkový součinitel prostupu tepla celé sekce.

Pro další výpočty však potřebujeme součinitel prostupu tepla vztažený na jeden metr čtvereční plochy, toho dosáhne dosazením do následujícího vztahu (5).

$$k_{sekj} = \frac{\sum k_{sp}}{S} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (5)$$

Kde: k_{sekj} ... součinitel prostupu tepla j-té sekce $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

k_{sp} ... prostupu tepla pro danou plochu $[\text{W} \cdot \text{K}^{-1}]$

S ... plocha povrchu sekce $[\text{m}^2]$

7.3.5 Vnitřní povrchová teplota stěny

Z důvodu pohodlí cestujících je důležité se zabývat nejen teplotou vzduchu uvnitř vozu, ale také povrchovou teplotou stěn vozu v interiéru. Ta by neměla klesnout pod 15°C . Výjimku tvoří dveře a okna, kde je nižší teplota tolerována. U oken se nižší teplotu snažíme eliminovat vývodem teplého vzduchu právě na okno a tím se okno stává pocitově teplejší.

$$T = \frac{t_i - k_m \cdot (t_i - t_e)}{\alpha_i} \quad [^\circ\text{C}] \quad (6)$$

Kde: T ... povrchová teplota stěny $[^\circ\text{C}]$

t_i ... vnitřní teplota $[^\circ\text{C}]$

t_e ... venkovní teplota $[^\circ\text{C}]$

k_m ... součinitel prostupu tepla s tep. můstky $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

α_i ... součinitel přestupu tepla konvekcí $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

7.3.6 Celkový součinitel prostupu tepla pro vůz

Pro výpočet chladícího a topného výkonu nám nestačí dílčí hodnoty součinitelů prostupu tepla, ale musíme vypočítat celkový součinitel prostupu tepla pro celý řešený vůz.

Nejprve musím vypočítat celkové plochy jedné sekce S_{sj} a tyto dílčí plochy sečíst, čímž dostanu celkovou plochu celého vozu S_c . Plochy S_{sj} vypočítám podle následujícího vztahu.

$$S_{sj} = p \cdot S_j \quad [\text{m}^2] \quad (7)$$

Kde: S_{sj} ... celková plocha povrchu i-té sekce $[\text{m}^2]$

p ... počet sekcí

S_j ... plocha povrchu i-té sekce $[\text{m}^2]$

$$S_c = \sum_{j=1}^m S_{sj} \quad [\text{m}^2] \quad (8)$$

Kde: S_c ... celková plocha povrchu vozu $[\text{m}^2]$
 S_{sj} ... celková plocha povrchu i-té sekce $[\text{m}^2]$
 j ... sekce

Na základě těchto ploch vypočítám součinitel prostupu tepla jednotlivých sekcí a ty následně sečtu, abych dostal dalším výpočtem součinitel prostupu tepla pro celý vůz.

$$k_{sj} = k_{sekj} \cdot S_{sj} \quad [\text{W} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (9)$$

Kde: k_{sekj} ... součinitel prostupu tepla j-té sekce $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
 S_{sj} ... celková plocha povrchu i-té sekce $[\text{m}^2]$
 k_{sj} ... součinitel prostupu tepla j-té sekce $[\text{W} \cdot \text{K}^{-1}]$

$$k_c = \sum_{j=1}^m k_{sj} \quad [\text{W} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (10)$$

Kde: k_{sj} ... součinitel prostupu tepla j-té sekce $[\text{W} \cdot \text{K}^{-1}]$
 j ... sekce

Z celkové plochy vozu a celkového prostupu tepla celého vozu pak vypočítám jednotkový prostup tepla celého vozu.

$$k_{celk} = \frac{k_c}{S_c} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (11)$$

Kde: k_{celk} ... součinitel prostupu tepla celého vozu $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
 k_c ... celkový prostup tepla celého vozu $[\text{W} \cdot \text{K}^{-1}]$
 S_c ... celková plocha povrchu vozu $[\text{m}^2]$

6.3.7 Chladicí výkon

Při výpočtu chladicího výkonu jsem použil následující postup:

- a) Výpočet termického zatížení osobami
- b) Výpočet zatížení tepelným zářením

- c) Ztráta prostupem tepla
- d) Chlazení čerstvého vzduchu
- e) Přídavná tepelná zařízení

A následně všechny tyto údaje sečtu, abych dostal celkový požadovaný chladicí výkon.

Ad a) Každý člověk vyzařuje teplo, které ohřívá okolní vzduch a musí se s tím tedy počítat při návrhu chladicího výkonu.

$$P_{os} = n_{os} \cdot q_{os} \quad [W] \quad (12)$$

Kde: P_{os} ... termické zatížení osobami [W]

n_{os} ... počet osob ve voze

q_{os} ... tepelné zatížení na osobu [W]

Tepelné zatížení jednou osobou je podle UIC 553 111 W. Počet osob se mění podle uspořádání interiéru vozu.

Ad b) Sluneční záření prostupující skrz okna způsobuje ohřívání vzduchu uvnitř vozu. Záření neprostupuje pouze na osluněné straně, ale také na odvrácené straně vozu, způsobené odrazem od okolního terénu – tzv. difúzního záření

$$P_{zář} = pr \cdot S_{oken} \cdot T_{zář} \cdot 1,3 \quad [W] \quad (13)$$

Kde: $P_{zář}$... zatížení tepelným zářením [W]

pr ... koeficient prostupu slunečního záření [-]

S_{oken} ... celková plocha oken na voze [m²]

$T_{zář}$... tepelné záření [W/m²]

1,3 ... koeficient zohledňující difúzní záření.

Ad c) Sluneční záření prostupuje také stěnami. Prostup tepla je definován výše vypočítaným prostupem tepla.

$$P_{prostup} = k_{celk} \cdot S_c \cdot \Delta t \quad [W] \quad (14)$$

Kde: k_{celk} ... součinitel prostupu tepla celého vozu [W·m⁻²·K⁻¹]

S_c ... celková plocha povrchu vozu [m²]

Δt ... teplotní rozdíl [K]

Při určování teplotního rozdílu jsem vycházel z předpokladu vnitřní teploty $t_i = 25\text{ °C}$ a venkovní teploty $t_e = 35\text{ °C}$ na odvrácené straně vlaku a $t_e = 50\text{ °C}$ na osluněné straně vlaku.

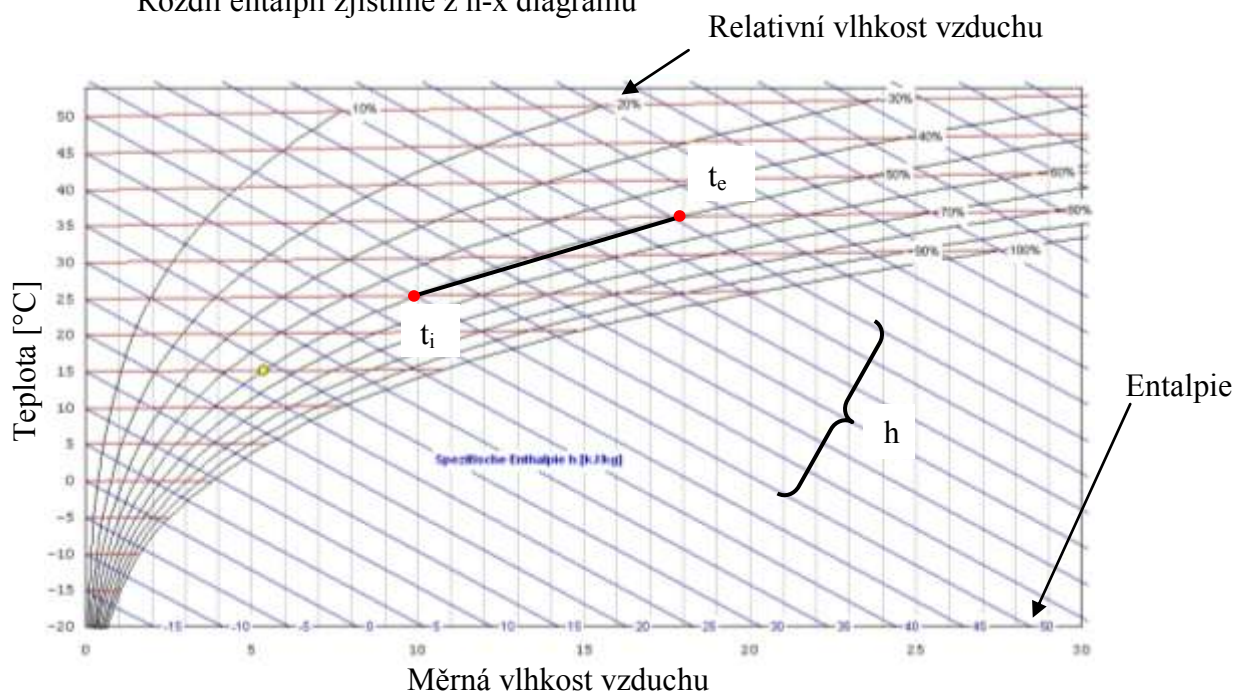
Ad d) Ochlazování teplého vzduchu nasávaného z okolí dovnitř vozu znamená největší tepelné zatížení uvažované při návrhu chladicího výkonu.

$$P_{chl} = \frac{m_{vz\text{ celk}} \cdot h}{3,6} \quad [\text{W}] \quad (15)$$

Kde: $m_{vz\text{ celk}}$... hmotnost čerstvého vzduchu přiváděného do vozu

h ... rozdíl entalpií

Rozdíl entalpií zjistíme z h-x diagramu



Graf 1: H-x diagram [zdroj: Zicke. In: *Uhrforum* 2010]

Hmotnost celkového vzduchu dostaneme jako součin množství vzduchu na jednoho cestujícího – $15\text{ m}^3/\text{h}$ a hustoty vzduchu – $1,13\text{ kg/m}^3$.

Toto by platilo při úplné výměně vzduchu, takže celý objem vzduchu by se po ochlazení a průchodu vozem, vyměnil za nový. To by bylo ovšem zbytečné plýtvání energií na ochlazování vzduchu, proto bude část vzduchu recirkulována, aby se snížila spotřeba energie na jeho ochlazení. Recirkulovat bude zhruba 1 – 3 násobek přiváděného čerstvého vzduchu.

Ad e) Do tepelného zatížení je nutné započítat také oteplení od elektrických zařízení instalovaných v interiéru vozu. Mezi tyto zařízení se řadí např. osvětlení, rozvodové skříně, ventilátory pro přívod vzduchu atd.

Na základě zkušeností pracovníka firmy Siemens z praxe jsem zvolil velikost tepelného zatížení od přídavných zařízení $P_{\text{přistr}} = 3000 \text{ W}$.

6.3.8 Topný výkon

Topný výkon se skládá ze dvou složek zatížení:

- a) Ztráta prostupem tepla
- b) Ohřev čerstvého vzduchu

Ad a) Ohřátý vzduch se ztrácí prostupem přes skřín vozu. Tato ztráta se vypočítá dle následujícího vzorce

$$P_{\text{prostup}} = k_{\text{celk}} \cdot S_c \cdot \Delta t \quad [\text{W}] \quad (16)$$

Kde: k_{celk} ... součinitel prostupu tepla celého vozu [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

S_c ... celková plocha vozu [m^2]

Δt ... teplotní rozdíl [K]

Ad b) Ochlazování teplého vzduchu nasávaného z okolí dovnitř vozu znamená největší tepelné zatížení uvažované při návrhu chladícího výkonu.

$$P_{\text{ohřevu}} = \frac{m_{\text{al}} \cdot c_p \cdot \Delta t}{3,6} \quad [\text{W}] \quad (17)$$

Kde: $m_{\text{vz celk}}$... hmotnost čerstvého vzduchu přiváděného do vozu

c_p ... specifická tepelná kapacita vzduchu ($=1 \text{ KJ/Kg K}$)

Δt ... teplotní rozdíl [K]

Při určování teplotního rozdílu jsem vycházel z předpokladu vnitřní teploty $t_i = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ a venkovní teploty $t_e = -20 \text{ }^\circ\text{C}$

6.4 Vzorový výpočet

6.4.1 Koeficient prostupu tepla

Uvedu vzorový výpočet pro Sekci 1 vloženého vozu. Vycházet budu z tabulky č. 16 složení izolace dané sekce.

Tab. 20: Přehled izolace Sekce 1 [zdroj: vlastní]

	Plocha $S [m^2]$	Druh materiálu 1	Tloušťka $l_1 [m]$	$\lambda 1$ $[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$	Druh materiálu 2	Tloušťka $l_2 [m]$	$\lambda 2$ $[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
1	0,55	nástřík	0,003	0,2	Skelná vlna	0,06	0,034
2	1,43	okno					
3	0,77	nástřík	0,003	0,2	Moniflex	0,03	0,0565
	Plocha $S [m^2]$	Druh materiálu 3	Tloušťka $l_3 [m]$	$\lambda 3$ $[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$	Druh materiálu 4	Tloušťka $l_4 [m]$	$\lambda 4$ $[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
1	0,55	Obložení	0,003	0,3			
2	1,43						
3	0,77	Skelná vlna	0,03	0,034	Obložení	0,003	0,3

Nejprve podle vzorce (1) vypočítáme tepelný odpor všech tří částí sekce.

Tab. 21: Tepelný odpor částí sekce 1 [zdroj: vlastní]

	Rezistance R $[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$
1	1,79
2	0,55
3	1,44

Ze zjištěných hodnot odporu vypočítáme součinitel prostupu tepla pro všechny části sekce dle (2). Jelikož řešíme prostup tepla v horizontálním směru, velikost proměnné $\alpha_i = 7,7 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ a velikost proměnné $\alpha_a = 25 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.

Tab. 22: Součinitel prostupu tepla částí sekce 1 [zdroj vlastní]

	k bez můstků $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
1	0,51
2	1,39
3	0,62

Po započítání tepelných můstků podle (3) dostaneme součinitel prostupu tepla s tepelnými můstky pro všechny části sekce.

Tab. 23: Součinitel prostupu tepla s můstky částí sekce 1 [zdroj vlastní]

	k s můstky [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
1	1,16
2	1,39
3	0,70

Výstupem výpočtů pro danou sekci je součinitel prostupu tepla, vypočítaný podle (5)

$$K_{\text{sek}} = \mathbf{1,150558018 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}$$

Podle (6) vypočítám povrchovou teplotu vnitřní stěny ve voze a porovnat, zda platí předpoklad, že $T \geq 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tab. 24: Povrchová teplota stěny částí sekce 1 [zdroj vlastní]

	T [°C]
1	15,70
2	14,42
3	18,16

U druhé části sekce vyšla teplota povrchu stěny menší než požadovaných 15 °C. Tato teplota je na povrchu okna, u kterého se s menší teplotou počítá a konstrukčně snaží menší teplotu eliminovat např. výdechy teplého vzduchu právě na okna a tím pocitově zvýšit teplotu.

Nakonec, pro dosažení hodnoty koeficientu prostupu tepla pro celý vůz, spočítáme celkovou plochu daného vozu dle (8) a koeficienty prostupů tepla dle (10) a z těchto hodnot vyjádříme podle (11) výsledný koeficient prostupu tepla pro celý vůz.

Tab. 25: Souhrnná tabulka výpočtu koeficientu prostupu tepla vozu [zdroj vlastní]

	Počet položek	Plocha S [m ²]	Celková plocha [m ²]	k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	k·S [W/K]
sekce1	8	2,75	22,00	1,15	25,31
sekce2	4	1,60	6,40	1,09	6,99
sekce3	2	18,57	37,14	0,62	22,87
sekce4	2	3,70	7,40	3,72	27,55
střecha	1	43,47	43,47	0,85	36,93
podlaha	1	44,61	44,61	1,43	63,65
			<i>161,02</i>	1,14	<i>183,29</i>

Výsledný koeficient přestupu tepla pro vložený vůz má hodnotu $1,14 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

6.4.2 Chladicí výkon

Jako první uvedu přehled vstupních údajů potřebných pro výpočet chladicího výkonu.

q_{osoba}	n_{os}	z [W/m ²]	Δt	pr	S_{oken} [m ²]	m_{vz} [kg/h]	h_{vz} [Kj/kg]
111	48	700	10	0,4	14	16,95	32
		Strana ve stínu	23	Strana na slunci		m_{vz} celk. [kg/h]	
						813,6	

Výpočet jsem provedl pro úplnou výměnu vzduchu.

$$P_{os} = n_{os} \cdot q_{os} = 48 \cdot 111 = 5328 \text{ W}$$

$$P_{zář} = pr \cdot S_{oken} \cdot T_{zář} \cdot 1,3 = 0,4 \cdot 14 \cdot 700 \cdot 1,3 = 5096 \text{ W}$$

$$P_{prostup1} = k_{celk} \cdot S_c \cdot \Delta t = 1,14 \cdot 161,020 \cdot 10 = 1832,9 \text{ W}$$

$$P_{prostup2} = k_{celk} \cdot S_c \cdot \Delta t = 1,14 \cdot 161,020 \cdot 23 = 4215,6 \text{ W}$$

$$P_{prostup} = \sum_{s=1}^2 P_{prostup s} = 1832,9 + 4215,6 = 6048,5 \text{ W}$$

$$P_{ohř} = \frac{m_{vz \text{ celk}} \cdot h_{vz}}{3,6} = \frac{813,6 \cdot 32}{3,6} = 7232 \text{ W}$$

$$P_{celk} = P_{os} + P_{zář} + P_{prostup} + P_{ohř} + P_{přístr} = 5328 + 5096 + 6048,5 + 7232 + 3000 = \mathbf{26\,704,5 \text{ W}}$$

6.4.3 Topný výkon

Vstupní údaje pro výpočet topného výkonu

Celková plocha [m ²]	k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	m_{vz celk.} [kg/h]
161,02	1,14	813,60

$$P_{prostup} = k_{celk} \cdot S_c \cdot \Delta t = 1,14 \cdot 161,02 \cdot 42 = 7698,1 \text{ W}$$

$$P_{ohřevu} = \frac{m_{al} \cdot c_p \cdot \Delta t}{3,6} = \frac{813,6 \cdot 1 \cdot 42}{3,6} = 13004 \text{ W}$$

$$P_{celk} = P_{prostup} + P_{ohřevu} = 7698,1 + 13004 = \mathbf{20\,702,2\,W}$$

7 Zhodnocení návrhu

Cílem mé diplomové práce bylo provést analýzu základních parametrů a vlastností železničních jednotek určených pro provoz na regionálních tratích a na základě těchto informací určit výchozí typ jednotky, použité pro modifikaci. Jako výchozí typ jsem použil jednotku firmy Siemens, řady Desiro a tuto výchozí specifikaci jednotky jsem popsal. Před samotnými návrhy na modifikaci jednotky jsem provedl analýzu požadavků na parametry jednotek obsluhujících střediska zimních sportů. Na základě těchto požadavků jsem se snažil co nejlépe navrhnout úpravy stávajícího uspořádání interiéru vozu tak, aby co nejlépe vyhovoval provozu v těchto zimních střediscích.

Vytvořil jsem čtyři návrhy uspořádání interiéru jednotky, dva návrhy držáků lyží a jeden držák snowboardů, které byly hlavní změnou ve vybavenosti jednotky. Jak se ale ukázalo, tak první konstrukce držáku by byla nerealizovatelná především z důvodu bezpečnosti. První dvě varianty uspořádání interiéru jsem navrhl jako maximalistické, což znamená, že je v každém voze minimálně tolik držáků na lyže, kolik je sedadel pro cestující, tedy 152 (varianta 1) a 144 (varianta 2) míst. Tím jsem ovšem podstatně snížil přepravní kapacitu jednotky z původních 200 míst, což by bylo z ekonomického hlediska méně výhodné a navíc by podle vlastních zkušeností, získaných při návštěvách zimních středisek, nebyly držáky využité. Proto jsem vytvořil na základě těchto dvou návrhů další dva, které již nemají takovou kapacitu držáků lyží, ale naopak mají lepší obsaditelnost vozů, čítající 172 (varianta 3) resp. 164 (varianta 4) míst a pouze 66 resp. 92 držáků. Interiér je prostornější a bezpečnější, jelikož jsou držáky umístěny lepším způsobem, než tomu je v prvních dvou variantách. Při rozhodování, kterou z navržených variant uspořádání použít v provozu, by záleželo především na objednateli, jaké by si stanovil požadavky, na jejichž základě by bylo vybráno vhodné uspořádání interiéru.

Dále jsem navrhl složení izolace skříně vozů. Z údajů izolačních vlastností stěn skříní vozů jsem provedl tepelně technický výpočet. Zjistil jsem tak mimo jiné povrchovou teplotu vnitřní stěny skříně a mohl jsem tak zjistit, zda je navrhovaná izolace postačující, nebo je nutná její změna. Výsledkem tepelně technického výpočtu bylo vyjádření koeficientu součinitele prostupu tepla skříně vozu. Ten vyšel

$1,14 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ pro vložený vůz a $1,17 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ pro hlavový vůz. Tento koeficient jsem dále použil při výpočtu chladicího a topného výkonu. Tyto výkony vyšly následovně: 26 704,5 W chladicí výkon a 20 702,2 W topný výkon u vloženého vozu a 29 589,3 W chladicí výkon a 23 628,4 W topný výkon u hlavového vozu.

Seznam literatury

- [1] Vagonka. In: *EPJ 671* [online]. 2011 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://www.vagonka.cz/galery/1029/Prospekt-EJ-671.pdf>
- [2] Raildays. In: *Ekonomika provozu motorových jednotek Desiro v regionální dopravě* [online]. 2005 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: http://www.railvolution.net/czechraildays/2005/seminare/v_4.pdf
- [3] ING. STANISLAV ZAPLETAL. *Přednáška - Stavba dráhových vozidel*. Ostrava, 2011.
- [4] Atlas žel. vozidel. In: *Vlaky.net* [online]. 2012 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/003239-Maly-atlas-zeleznicnich-vozidel/#ejed>
- [5] Stadler [online]. 2010 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: http://www.stadlerrail.com/media/uploads/factsheets/ZB_MGB_Bahn_Komet_d.pdf
- [6] Stadler [online]. 2010 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: http://www.stadlerrail.com/media/uploads/FdC_d.pdf
- [7] Mobility. In: *Siemens* [online]. 2011 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/Documents/en/rail-solutions/commuter-and-regional-trains/desiro-platform/desiro-city-booklet.pdf>
- [8] VUT. In: *Prostup* [online]. 2007 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: www.fce.vutbr.cz/PST/bstud/prostup.doc
- [9] Isoflex. *Nordex Agentur s.r.o.* [online]. [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.nordexagentur.cz/products/isoflex/1>
- [10] Palubky procházka. *Palubky* [online]. 2012 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.palubky.name/konstrukci-stavebni-material>
- [11] Stadler. In: *Farzeuge und services* [online]. 2011 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.stadlerrail.com/fahrzeuge/flirt/>
- [12] Siemens desiro. In: *Wikipedia* [online]. 2011 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: http://de.wikipedia.org/wiki/Siemens_Desiro
- [13] čsn en 13192-1. *Železniční aplikace - Klimatizace pro vozidla na přepravu cestujících na hlavních tratích*. český normalizační institut, 2002
- [14] Ústní sdělení. Siemens, pobočka Ostrava - 28. Října Siemens, s.r.o. 28. října 150/2663 702 00 Ostrava